

AKADEMIE MÚZICKÝCH UMĚNÍ V PRAZE

**FILMOVÁ A TELEVIZNÍ FAKULTA**

Filmové, televizní a fotografické umění a nová média

Teorie filmové a multimediální tvorby

**DISERTAČNÍ PRÁCE**

**VLIV ZVUKU NA VNÍMÁNÍ  
AUDIOVIZUÁLNÍHO DÍLA**

**MgA. Tomáš Oramus**

Vedoucí práce: MgA. et Mgr. Petr Neubauer

Oponenti práce: Mgr. Helena Bendová

Ing. František Rund, Ph.D.

Datum obhajoby: 3. 2. 2022

Přidělovaný akademický titul: Ph.D.

Praha, 2021

ACADEMY OF PERFORMING ARTS IN PRAGUE

**FILM AND TELEVISION FACULTY**

Film, Television, Photography, and New Media

Theory of Film and Multimedia

**DOCTORAL THESIS**

**EFFECT OF SOUND ON PERCEPTION OF  
AUDIOVISUAL WORKS**

**MgA. Tomáš Oramus**

Supervisor: MgA. et Mgr. Petr Neubauer

Opponents: Mgr. Helena Bendová

Ing. František Rund, Ph.D.

Date of thesis defence: 3. 2. 2022

Assigned degree: Ph.D.

Prague, 2021

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem disertační práci na téma

**Vliv zvuku na vnímání audiovizuálního díla**

vypracoval(a) 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**

Divácký či hráčský prožitek je jedním z klíčových aspektů audiovizuální tvorby – pravděpodobně každý tvůrce chce, aby jeho dílo bylo diváky pozitivně vnímáno a hodnoceno. Na kvalitě prožitku při sledování či aktivním hraní audiovizuálního díla se však nepodílí pouze samotný obsah, ale také způsob jeho reprodukce – zdali film sledujeme v kině, nebo na tabletu či hrajeme doma na televizi, nebo se ponoříme do virtuální reality. První část této práce zkoumá různé koncepty lidského prožitku (imerze, prezence, flow atd.), způsoby, jak je měřit, a vytváří teoretické východisko pro vlastní výzkum. Ve své druhé části sleduje tři současné technologické fenomény – konkrétně binaurální reprodukci, virtuální realitu a zvukový formát Dolby Atmos a prakticky ověřuje, jakým způsobem tyto fenomény ovlivňují náš divácký zážitek, či obecně percepce audiovizuálního díla.

## **Abstract**

The viewing or playing experience is one of the key aspects of audiovisual production – probably every creator wants his work to be positively perceived and evaluated by viewers. However, the quality of the experience of watching or actively playing an audiovisual work is due not only to the content itself, but also to the way it is reproduced – whether we watch a movie in a cinema or on a tablet, or play a game on TV at home, or immerse ourselves in virtual reality. The first part of this work examines various concepts of human experience (immersion, presence, flow, etc.), ways to measure them and defines theoretical basis for their research. In its second part, it monitors three current technological phenomena (binaural reproduction, virtual reality and the Dolby Atmos audio format) and practically verifies how these phenomena affect our viewing experience or the perception of audiovisual works in general.

## Obsah

Poděkování.....	9
Úvod .....	10
ČÁST 1: PROŽITEK JAKO FENOMÉN.....	12
1. Koncepty prožitku .....	13
1.1. Imerze .....	14
1.1.1. Imerze jako objektivní vlastnost technologie .....	15
1.1.2. Imerze jako subjektivní prožitek .....	17
1.2. Prezence .....	26
1.3. Flow .....	33
1.4. Kognitivní absorpce .....	36
1.5. Narativní transportace .....	38
2. Metody zkoumání prožitku .....	40
2.1. Objektivní měření .....	41
2.2. Subjektivní měření.....	47
3. Teoretické východisko vlastního výzkumu.....	50
ČÁST 2: VLIV ZVUKU NA VNÍMÁNÍ AUDIOVIZUÁLNÍHO DÍLA.....	56
4. Úvod k experimentální části .....	57
5. Binaurální audio a jeho vliv na prezenci .....	60
5.1. Principy binaurálního audia .....	61
5.1.1. Prostorové slyšení .....	61
5.1.2. Tvorba binaurálního audia.....	65
5.1.3. Transaurální audio .....	68
5.2. Vývoj binaurálního audia .....	69
5.3. Dosavadní výzkum .....	71
5.4. Vlastní výzkum .....	74
5.4.1. Hypotézy .....	74
5.4.2. Metody .....	76

5.4.3.	Výsledky .....	80
5.4.4.	Diskuze.....	82
6.	Efekt zvuku ve virtuální realitě .....	84
6.1.	Technologie virtuální reality .....	85
6.2.	Vývoj virtuální reality .....	90
6.3.	Dosavadní výzkum .....	93
6.4.	Hypotézy .....	96
6.5.	Metody.....	99
6.5.1.	Výběr technologie a testovaných her .....	99
6.5.2.	Účastníci experimentu .....	102
6.5.3.	Zkoumané proměnné .....	103
6.5.4.	Metoda experimentu .....	106
6.5.5.	Analýza dat .....	108
6.6.	Výsledky .....	110
6.6.1.	Efekt zvuku a platformy na prezenci .....	110
6.6.2.	Vliv interakce platformy a zvuku na prezenci.....	112
6.6.3.	Fyziologická měření .....	114
6.7.	Diskuze .....	117
7.	Percepce Dolby Atmos.....	120
7.1.	Vývoj prostorového zvuku v kině .....	121
7.2.	Dosavadní výzkum .....	125
7.3.	Hypotézy .....	127
7.4.	Metody.....	130
7.4.1.	Respondenti a průběh experimentu .....	130
7.4.2.	Výběr ukázek .....	132
7.4.3.	Dotazníky a zkoumané proměnné.....	134
7.4.4.	Analýza dat .....	136
7.5.	Výsledky .....	137
7.5.1.	Obklopení zvukem .....	137

7.5.2.	Dynamika.....	139
7.5.3.	Lokalizace .....	141
7.5.4.	Nezkušení vs. zkušení posluchači .....	143
7.5.5.	Zvuková kvalita a preference formátu .....	145
7.6.	Diskuze a další výzkum .....	147
8.	Závěr .....	150
	Seznam tabulek .....	151
	Seznam obrázků .....	152
	Seznam grafů .....	153
	Bibliografie .....	154



## Poděkování

Chtěl bych poděkovat mému školiteli Petru Neubauerovi za čas, který věnoval mému studiu – především pak při návštěvě konferencí a dalších akcí nad rámec jeho povinností. Také bych chtěl poděkovat Iloně Sejkorové a Silvii Demartini za praktickou pomoc se studijními a grantovými záležitostmi, Kateřině Lukavské za průběžné konzultace a Michalovi Matuškoví za korektury a pomoc při zpracování dat získaných při experimentech.

Rád bych také poděkoval všem, bez kterých by nebylo možné zrealizovat jednotlivé výzkumy. Pavlovi Rejholcovi za propůjčení míchací haly ve studiu Soundsquare, Pavlovi Štverákovi za Atmos mastering zvukových ukázek, Janovi Procházkovi za zapůjčení kinosálu v Premiere Cinemas Praha Hostivař pro realizaci Dolby Atmos testování a Kateřině Lukavské za poskytnutí laboratoře Myslab na Univerzitě Karlově pro realizaci experimentu pro zkoumání virtuální reality. A především všem účastníkům realizovaných experimentů.

Pro dosažení optimálního pocitu flow byla práce napsána za poslechu soundtracků herní série Final Fantasy.

## Úvod

Výchozím bodem této práce můžeme označit rok 1927, kdy byl do americké distribuce uveden film *Jazzový zpěvák* (*The Jazz Singer*, 1927, rež. Alan Crosland), který jako první celovečerní film obsahoval synchronní dialogovou stopu. Od této doby se tak synchronní zvuk<sup>1</sup> stal nedílnou součástí audiovizuálních děl<sup>2,3</sup> a ovlivnil proces jejich tvorby i prezentace. Na jedné straně se museli tvůrci přizpůsobit tehdejšímu technologickému omezení, například změnou záběrování<sup>4</sup>, a nejednomu herci příchod zvukového filmu ukončil kariéru, jelikož jeho hlas neměl dostatečné kvality<sup>5</sup>. Stejně tak se ale musely přizpůsobit i tehdejší kinosály, ať se jednalo o nákup zvukové techniky, případně akustické úpravy prostor. Na konci tohoto řetězce je však divák, kterému bylo najednou prezentováno diametrálně odlišné dílo – místo čtení mezititulků si mohl všechny informace vyslechnout přímo od herců, což změnilo způsob vnímání a poslechu – ke kauzálnímu způsobu slyšení se tak přidává slyšení sémantické<sup>6,7</sup>. Postupným technologickým vývojem se zvuková stopa dále zkvalitňovala<sup>8</sup>, a tvůrci tak mohli pracovat nejen s natočeným dialogem, ale i s dalšími zvuky – hudbou, ruchy nebo zvukovými atmosférami. Zvuková složka se tak postupně stala plnohodnotnou součástí filmového vyprávění a filmové řeči. Pravděpodobně i laický divák bude vnímat výrazný kvalitativní rozdíl při poslechu filmu z rané éry zvukového filmu a dnešní filmovou produkcí, avšak může již být složitější vnímat nuance současných technologií, formátů a reprodukčních systémů, natož být schopen zhodnotit, zdali přináší divákům přidanou hodnotu, či se jedná o pouhé marketingové proklamace.

---

<sup>1</sup> Záměrně uvádíme termín „synchronní“ jelikož filmy byly dříve doprovázeny živým hudebním či ruchovým doprovodem.

<sup>2</sup> Pro definici audiovizuálního díla využíváme standardu ISO 15706-1:2002, který jej definuje jako „dílo sestávající ze sledu spojených obrazů, s nebo bez doprovázejícího zvuku, jež je určeno k zobrazení jako pohyblivý obraz prostřednictvím příslušných zařízení, bez ohledu na nosič počáteční nebo následné fixace“.

<sup>3</sup> *International Standard Audiovisual Number (ISAN) — Part 1: Audiovisual work identifier*. Dostupné z: <https://www.iso.org/standard/28779.html>.

<sup>4</sup> BORDWELL, David a Kristin THOMPSON. *Umění filmu*, s. 608-609.

<sup>5</sup> DONNELLY, Marea Donnelly. The birth of the 'talkies' sounded the death knell for so many silent stars.

<sup>6</sup> Kauzální a sémantické slyšení jsou tzv. módy slyšení, které definuje Michel Chion ve své knize *Audio-vision Sound on Screen*.

<sup>7</sup> CHION, Michel. *Audio-vision Sound on Screen*, s. 25-35.

<sup>8</sup> Hovoříme o postupném zlepšení dynamického a frekvenčního rozsahu, možnost míchání více zvuků dohromady apod.

Tato práce si klade za cíl prozkoumat tři současné technologické fenomény a jejich působení na diváka<sup>9</sup> – konkrétně binaurální audio, technologii virtuální reality a zvukový formát Dolby Atmos využívající principů objektového audia. Tyto technologie totiž v posledním desetiletí výrazně vstupují nejen do způsobu zvukové tvorby (filmové i interaktivní), ale především do samotné prezentace obsahu divákovi. Můžeme sledovat stále větší množství kinosálů vybavené formátem Dolby Atmos<sup>10</sup>, rozšiřující se základnu uživatelů virtuální reality<sup>11</sup> a rozvoj binaurálního audia, jenž je nedílnou součástí obou zmíněných technologií, ale zároveň existuje jako plnohodnotný formát reprodukce, jak ukazuje například společnost Apple se svou funkcí "spatial audio"<sup>12</sup>.

Vyvstává však otázka, jakým způsobem jednotlivé fenomény zkoumat – můžeme například konstatovat, že Dolby Atmos nabízí oproti jiným formátům větší počet kanálů, a teoreticky tak nabízí lepší možnost lokalizace zvuku v prostoru. Přinese to však divákům i lepší zážitek? Nemůže to pro ně naopak působit rušivě? Ve výsledku jde především o to, jak audiovizuální dílo působí na diváka jako celek, zdali si užije návštěvu kina a zapomene na svět okolo, zabere se do hraní hry tak, že si nevšimne, že za okny už svítá anebo se ponoří do virtuální reality tak, že přestane vnímat, že stojí uprostřed obývacího pokoje. Podobné situace pravděpodobně zažil každý z nás a pro tyto stavy existují různá pojmenování a přístupy, jak je zkoumat – např. imerze, prezence nebo flow<sup>13</sup>. Každý z uvedených konceptů se svým osobitým způsobem zabývá otázkou ponoření do fikčního světa, virtuální reality nebo jakékoliv lidské činnosti, ale v obecné rovině všechny zkoumají naše prožívání. Konkrétní pojmy podrobně rozebírá první část této práce, která je věnována jejich analýze, systematizaci, a především slouží k nalezení ideálního východiska pro realizaci samotných výzkumů. V druhé části práce jsou prezentovány konkrétní výsledky výzkumné činnosti a zamýšlíme se nad přínosem jednotlivých technologií pro diváka.

---

<sup>9</sup> V textu se pracuje jak s lineárními, tak interaktivními AV díly, pojem divák tak zde zastupuje pasivní (divácký) i aktivní (hráčský) zážitek.

<sup>10</sup> Dolby Atmos. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Dolby\\_Atmos](https://en.wikipedia.org/wiki/Dolby_Atmos).

<sup>11</sup> Virtual reality market size in 2018 with forecast for 2019. Dostupné z: <https://www.viar360.com/virtual-reality-market-size-2018/>.

<sup>12</sup> Co je Spatial Audio u AirPods Pro a kde najde využití?. Dostupné z: <https://www.letemsvetemapple.com/2020/07/16/co-je-spatial-audio-u-airpods-pro-a-kde-najde-vyuziti/>.

<sup>13</sup> Jelikož v práci pracujeme s několika pojmy, jenž se všechny v obecné rovině věnují problematice lidského vnímání či prožívání, budeme o nich nadále v obecné rovině mluvit jako o pocitu prožitku či prožívání.

ČÁST 1:

PROŽITEK JAKO FENOMÉN

## 1. Koncepty prožitku

V této kapitole se budeme věnovat nejrozšířenějším konceptům věnujícím se problematice lidského prožívání - konkrétně imerzi, prezenci, flow, kognitivní absorpci a narativní transportaci<sup>14</sup> - ač přichází z různých vědeckých oborů a zaměření (flow je termín z psychologie, počátky prezence jsou úzce spjaty s technologií virtuální reality, imerze je často využívána v kontextu počítačových her, filmové či hudební tvorby, kognitivní absorpce je úzce spjata s počítačovým softwarem a transportace s narací) jsou si ve své podstatě podobné. V obecné rovině sledují změnu lidského vnímání danou ponořením se do fikčního či virtuálního světa nebo určité činnosti. Zatímco flow a kognitivní absorpce jsou poměrně jasně definované, teoretici stále hledají shodu na definici imerze a prezence. Výsledkem je množství definic, které se někdy liší pouze nenápadně, avšak v některých případech si téměř odporují, což činí používání těchto konceptů problematické. Úkolem následujících kapitol je přinést přehled nejčastějších teorií těchto konceptů a způsobů, jak je lze zkoumat a měřit.

---

<sup>14</sup> Nejedná se o kompletní výčet konceptů věnujících se lidskému prožívání, avšak o výběr autora práce ve snaze o představení nejčastějších, ale zároveň dostatečně odlišných teorií.

## 1.1. Imerze

„Zážitek, kdy jsme přeneseni do propracovaně simulovaného místa, je sám o sobě potěšující, nehledě na jeho fantazijní obsah. Takovému zážitku říkáme imerze. Imerze, ponoření, je metaforický termín odvozený z fyzického zážitku ponoření se pod vodu. U psychologicky imerzivní zkušenosti hledáme stejný pocit, jako když se potopíme do oceánu anebo jaký máme z plavání v bazénu: pocit, že jsme obklopeni zcela odlišnou realitou, která pohlcuje veškerou naši pozornost.“<sup>15,16</sup>

Definice imerze Janet Murrayové zní poeticky a jistým způsobem nám dává instinktivně pochopit, v čem imerze spočívá. Zároveň však nepřináší žádnou konkrétní specifikaci a ponechává výrazný prostor pro interpretaci. Základní otázka „Co je imerze?“ zůstává nezodpovězena. Při zkoumání dosavadních studií můžeme sledovat dva hlavní teoretické proudy – jeden považuje imerzi za souhrn objektivních kritérií dané technologie či média, které způsobují pocit prezence (hovoříme o tzv. imerzivnosti média). Druhý s imerzí pracuje jako se subjektivním prožitkem v souvislosti s vnímáním či vtažením do určité činnosti. V tomto případě se dále různí faktory, které jsou za imerzi zodpovědné. Zatímco první skupina vědců imerzi pevně svazuje s technologií, v případě imerze jako subjektivního prožitku neexistuje jasná shoda, zdali je výlučně spjata s prožitkem interaktivních médií, nebo se může objevit i např. v literatuře nebo filmu. Jednotliví teoretici k imerzi totiž přistupují v rozdílném kontextu a z rozdílných vědeckých oborů.

---

<sup>15</sup> MURRAY, Janet Horowitz. *Hamlet on the holodeck*, s. 98.

<sup>16</sup> Český překlad převzat z: BENDOVIÁ, Helena. Imerze.

### 1.1.1. Imerze jako objektivní vlastnost technologie

Jedním z hlavních představitelů tohoto pojetí imerze je Mel Slater, který dlouhodobě zastává názor, že imerze je objektivní souhrn vlastností technologie nebo systému (např. počet zobrazovacích zařízení, rozlišení obrazu, prostorovost zvuku apod.)<sup>17,18</sup>. Tato vlastnost technologie – tzv. imerzivnost může v divákovi navodit pocit prezenze (viz kapitola 1.2). Ve svém článku *A note on Presence Terminology* z roku 2003 píše:

„Ponechejme pojem ‚imerze‘ tomu, co nám objektivně nabízí daná technologie. Čím více dokáže systém zobrazit a čím přesněji dokáže sledovat náš pohyb v reálném světě, tím víc je ‚imerzivní‘. To je něco, co lze objektivně změřit a souvisí to s jinými otázkami, než jak je tato technologie vnímána lidmi.“<sup>19,20</sup>

Slater dále rozvádí svou myšlenku, kdy označuje prezenci jako lidskou reakci na imerzi (médiu). Tvrdí, že stejně imerzivní médium vyvolává v různých lidech rozdílnou míru prezenze a naopak, rozdílně imerzivní média mohou vyvolat u různých lidí stejnou míru prezenze. Zároveň prezenci úzce specifikuje jako reakci na samotné médium, nikoliv na obsah – tedy že jde primárně o pocit přenesení do jiného prostředí. Zdali nás dané prostředí nějakým způsobem zajímá nebo stimuluje, již vnímá jako otázku „zapojení“ (involvement)<sup>21</sup>.

Slater se poměrně ostře vymezoval proti názoru, že imerze je subjektivní prožitek<sup>22</sup>, avšak aby předešel nekonzistenci pojmu imerze, začal označovat imerzivnost systému jako „systémovou imerzi“ (system immersion) a subjektivní prožívání imerze jako „imerzivní odpověď“ (immersive response)<sup>23</sup>.

V současné době se diskurz přiklání spíše k výkladu imerze jako subjektivního prožitku, avšak stále existuje řada teoretiků, kteří se Slaterovou konceptualizací

---

<sup>17</sup> SLATER, Mel a Martin USOH. *An Experimental Exploration of Presence in Virtual Environments*.

<sup>18</sup> SLATER, Mel a Sylvia WILBUR. *A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE)*.

<sup>19</sup> SLATER, Mel. *A note on presence terminology*, s. 2.

<sup>20</sup> Překlad autora; původní znění: „Let's reserve the term 'immersion' to stand simply for what the technology delivers from an objective point of view. The more that a system delivers displays (in all sensory modalities) and tracking that preserves fidelity in relation to their equivalent real-world sensory modalities, the more that it is 'immersive'. This is something that can be objectively assessed, and relates to different issues than how it is perceived by humans.“

<sup>21</sup> Tamtéž, s. 2-3.

<sup>22</sup> SLATER, Mel. *Measuring Presence*, s. 1.

<sup>23</sup> Tamtéž, s. 2.

pracují – např. Ruth Rettiová<sup>24</sup>, Wouter van den Hoogen<sup>25</sup> nebo Martijn J. Schuemie<sup>26</sup>.

---

<sup>24</sup> RETTIE, Ruth. *Using Goffman's Frameworks to Explain Presence and Reality*.

<sup>25</sup> VAN DEN HOOGEN, Wouter, Wijand IJSSELSTEIJN a Yvonne DE KORT. Effects of Sensory Immersion on Behavioural Indicators of Player Experience: Movement Synchrony and Controller Pressure.

<sup>26</sup> SCHUEMIE, Martijn, Peter VAN DER STRAATEN, Merel KRIJN a Charles VAN DER MAST. *Research on Presence in Virtual Reality*.



### 1.1.2. Imerze jako subjektivní prožitek

Již zmíněná definice Janet Murrayové z roku 1998 je jedna z těch, které charakterizují imerzi jako subjektivní prožitek jednotlivce<sup>27</sup>. Murrayová tuto tezi dále rozvádí myšlenkou, že se lze ponořit i do poslechu hudby nebo pozorování uměleckého díla, avšak pouze interaktivní medium nabízí člověku možnost naučit se v tomto prostoru „plavat“, a nikoliv jen pasivně přihlížet<sup>28</sup>. Zároveň však zdůrazňuje, že imerze je spjatá s fikčním světem, do kterého se noříme a základním zprostředkovatelem je příběh. Podobně uvažuje i Marie-Laure Ryanová, která ve své knize *Narrative as Virtual Reality: Immersion and Interactivity in Literature and Electronic Media*<sup>29</sup> přemýšlí o imerzi především v kontextu literatury<sup>30</sup> a argumentuje schopností textu vtáhnout čtenáře do fikčního světa, ale zároveň dodává, že si čtenář tento fikční svět musí sám vytvořit ve své představivosti. Ryanová rozděluje několik stupňů ponoření se:

- **Concentration** (soustředění) – čtenáře lze snadno rozptýlit.
- **Imaginative involvement** (imaginativní zapojení) – čtenář se noří do textu, ale je stále schopen kritické analýzy.
- **Entrancement** (zaujetí) – čtenář ztrácí schopnost kritické analýzy.
- **Addiction** (závislost) – neschopnost rozpoznat fikční svět od skutečného.

A následně rozděluje imerzi na tři kategorie:

- **Spatial immersion** (prostorová imerze) – pocit přenesení čtenáře do fikčního světa a radosti z jeho objevování.
- **Temporal immersion** (temporální imerze) – ponoření se do časové dimenze – touha vědět, jak příběh skončí.
- **Emotional immersion** (emoční imerze) – emocionální napojení na postavy v příběhu.

V roce 2008 dále hovoří o tzv. ludické imerzi, která je nezávislá na narativní imerzi (tedy příběhu) a vnímá ji jako důsledek interaktivity virtuálních prostředí<sup>31</sup>.

---

<sup>27</sup> MURRAY, Janet Horowitz. *Hamlet on the holodeck*, s. 98.

<sup>28</sup> Tamtéž, s. 99.

<sup>29</sup> Kniha byla jako jedna z mála odborných textů věnujících se imerzi v roce 2015 přeložena do češtiny pod názvem „Narativ jako virtuální realita“.

<sup>30</sup> RYAN, Marie-Laure. *Narrative as virtual reality*, s. 90.

<sup>31</sup> RYAN, Marie-Laure. *Interactive Narrative, Plot Types, and Interpersonal Relations*.

Bob G. Witmer a Michael J. Singer ve svém článku *Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire* pracují s pojmem „zapojení“ (involvement), který je podobný pojetí imerze podle Murrayové. Na rozdíl od Murrayové, která vyzdvihuje důležitost fikčního světa jako takového, Witmer a Singer zdůrazňovali vliv podnětů a zážitků, které fikční svět (ve studii mluví konkrétně o virtuálních fikčních světech - tzv. virtuální prostředí<sup>32</sup>) nabízí<sup>33</sup>. Imerzi pak popisují jako psychologický stav ponoření, který je závislý na intenzitě „vnímání“ virtuálního prostředí (izolace od okolního světa, přirozenost ovládání apod.). Pohybují se na hraně mezi definováním imerze jako objektivní vlastností technologie a subjektivním prožitkem, jelikož zdůrazňují, že technologie vytvářející virtuální světy jsou to, co je zodpovědné za imerzi, avšak nepovažují ji za objektivní veličinu, ale individuální pro každého uživatele. Vyšší intenzita imerze je pak zodpovědná za vyšší úroveň prezence – tzn. pocitu přenesení se do virtuálního světa<sup>34</sup>. I přes to, že obě práce popisují stejný fenomén, můžeme sledovat rozpor jednak v terminologii (imerze vs. zapojení) a v aspektech, které vedou k jeho prožitku. Toho si všímá Alison McMahanová, která psala v roce 2003 o imerzi ve vztahu k prezenci a poukazovala na fakt, že je třeba rozlišit mezi imerzí diegetickou – ponoření se do příběhu (tedy tou, o které píšou Murrayová a Ryanová) a nediegetickou, jenž nazývá „zaujetí“ (engagement) - vztah ke hře, herním mechanikám<sup>35</sup>. Dále pak, podobně jako Witmer a Singer, zmiňovala existenci imerze perceptuální, která je navozena izolací smyslů od okolního světa a je zodpovědná za pocit prezence<sup>36</sup>. McMahanová tak oproti předchozím studiím ve své práci přináší poměrně srozumitelné rozdělení aspektů imerze – odděluje narativ, samotný požitek z hraní a vliv technologie.

Tento vícedimenzionální přístup dále rozpracovali Laura Ermiová a Frans Mäyrä v textu *Fundamental Components of the Gameplay Experience: Analysing Immersion*, ve kterém navrhují třidimenzionální model imerze – tzv. SCI model<sup>37</sup>, jehož části jsou<sup>38</sup>:

---

<sup>32</sup> V angličtině označováno zkratkou VE – Virtual Environment

<sup>33</sup> WITMER, Bob a Michael SINGER. *Measuring Presence in Virtual Environments*, s. 227.

<sup>34</sup> Tamtéž, s. 227.

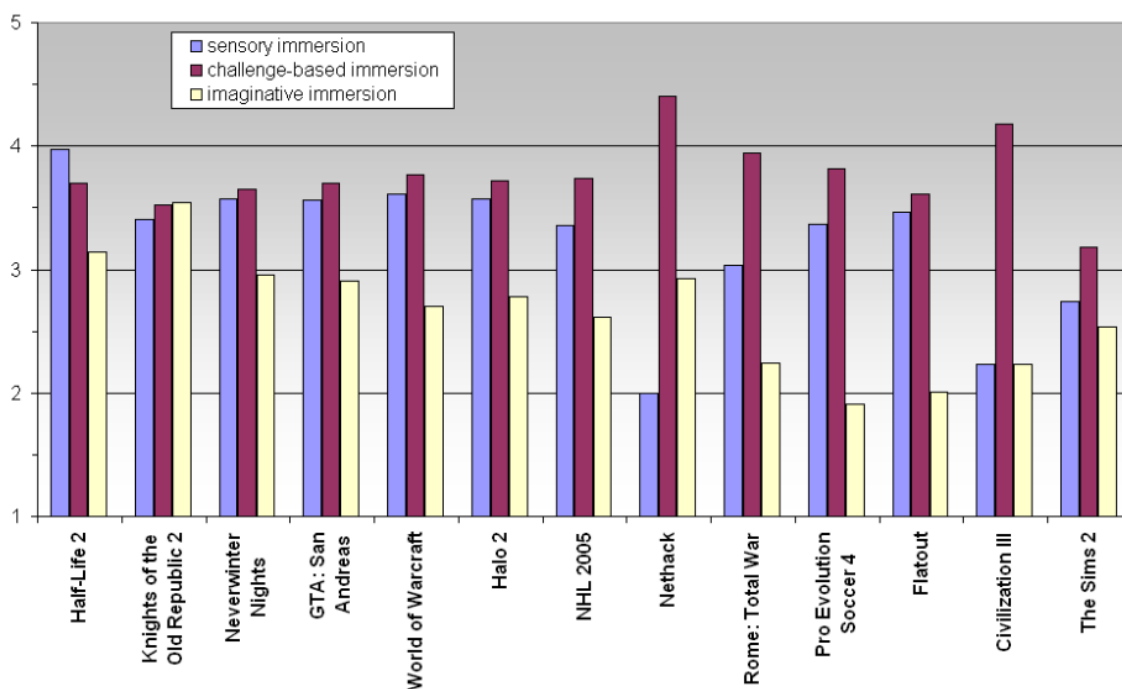
<sup>35</sup> MCMAHAN, Alison. *Immersion, Engagement, and Presence: A Method for Analyzing 3-D Video Games*, s. 69.

<sup>36</sup> Tamtéž, s. 77.

<sup>37</sup> ERMI, Laura a Frans MÄYRÄ. *Fundamental Components of the Gameplay Experience: Analysing Immersion*, s. 7-8.

<sup>38</sup> I přes to, že je celá studie věnovaná imerzi u počítačových her, sami autoři přiznávají, že imaginativní imerze sama o sobě funguje u literatury a audiovizuální v případě filmů.

- **Sensory immersion** (senzorická imerze) – imerze založena na vnímání smyslových vjemů.
- **Challenge-based immersion** (imerze založena na výzvách) – imerze jako potěšení z hraní hry a plnění úkolů.
- **Imaginative immersion** (imaginativní imerze) – imerze založena na ponoření se do fikčního světa či jeho příběhu.

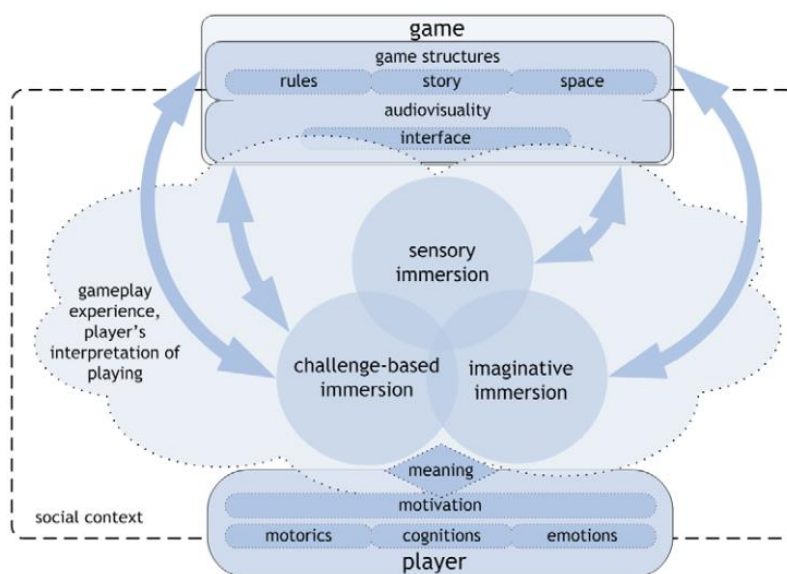


Obrázek 1 Poměry jednotlivých aspektů imerze dle Ermiové a Mäyry<sup>39</sup>

Můžeme sledovat paralelu s McMahanovou, jelikož imaginativní imerze je velice podobná její definici diegetické imerze a challenge-based imerzi nediegetické. Senzorická imerze nám může připomínat imerzi perceptuální – McMahanová ji však vnímá v kontextu virtuální reality a zapojení více smyslů a Ermiová a Mäyrä sledují spíše audiovizuální zpracování obsahu a kvalitu jeho prezentace. Ve své práci totiž o imerzi uvažují především jako o herním fenoménu než o něčem, co je spjata s technologií virtuální reality. Ermiová a Mäyrä svůj model ověřili v praktické studii se 193 respondenty, kde zjistili, že poměr jednotlivých komponent imerze se liší u jednotlivých her (viz Obrázek 1). Podle

<sup>39</sup> ERMI, Laura a Frans MÄYRÄ. Fundamental Components of the Gameplay Experience: Analysing Immersion.

zvolených her lze velmi dobře sledovat, jak se podíl komponent liší dle jejich žánru – u sportovních či závodních her (*NHL 2005*, *Pro Evolution Soccer 4*, *Flatout*) převažuje imerze založená na výzvách a sensorická imerze, u her s narativní složkou (*Half-Life 2*, *Knights of the Old Republic 2*, *GTA: San Andreas*) zůstávají oba aspekty vysoké, avšak přidává se imaginativní imerze. V případě strategických her (*Civilization III*, *Rome: Total War*), které se vyznačují vysokými nároky na hráče a jeho zkušenosti, avšak často využívají poměrně jednoduché grafické zpracování s absencí složitějšího narativu, můžeme sledovat vysokou složku imerze založené na výzvách, ale velice nízkou úroveň imerze sensorické a narativní. Ermi a Mäyrä tento model dále rozvádí o další elementy, které stojí za jednotlivými aspekty imerze – např. herní pravidla, prostředí, interface (viz Obrázek 2).



Obrázek 2 SCI model a jeho přidružené komponenty<sup>40</sup>

Na teorii Mäyry a Ermiové ještě v ten stejný rok zareagoval Dominic Arsenault s článkem *Dark Waters: Spotlight on Immersion*, ve kterém – byť z velké části s jejich teorií souhlasil – navrhoval změnu pojmu imaginativní imerze na imerzi fikční (fictional immersion), přičemž argumentoval, že pro imerzi danou příběhem / narací nemusíme apriori zapojovat vlastní představivost (imaginaci)<sup>41</sup>. Další navrhovanou změnou bylo zobecnění pojmu imerze založené na výzvách

<sup>40</sup> ERMI, Laura a Frans MÄYRÄ. Fundamental Components of the Gameplay Experience: Analysing Immersion.

<sup>41</sup> ARSENAULT, Dominic. Dark waters : spotlight on immersion, s. 1.

(challenge-based immersion) na systémovou imerzi (systemic immersion). Jako vysvětlení dával příklad televizního diváka sledujícího v televizi detektivní pořad, ve kterém má za úkol odhalit vrahu, a aktivně se tak v průběhu pořadu snaží vyřešit úkol<sup>42</sup>.

V roce 2008 napsal Jan-Noel Thon v knize *Extending Experiences* kapitolu *Immersion Revisited: On the Value of a Contested Concept*, kde podobně jako Mäyrä a Ermiová nebo McMahanová uvažuje o imerzi vícedimenzionálně. Na rozdíl od nich však definuje čtyři roviny imerze, a to<sup>43</sup>:

- **Spatial immersion** (prostorová imerze)
- **Ludic immersion** (ludická imerze)
- **Narrative immersion** (narativní imerze)
- **Social immersion** (sociální imerze)

Na první pohled se může zdát, že je tento model velice podobný tomu od Mäyry a Ermiové. Thon však popisuje prostorovou imerzi jako přenesení hráčovy pozornosti z jeho reálného prostředí do prostředí herního, kdy tento proces vztahuje především ke 3D hrám z pohledu první či třetí osoby (s vlastním avatarem) založený na prozkoumávání virtuálního světa<sup>44</sup>. Nevztahuje tak tuto imerzi primárně k audiovizuální složce herního světa, jako spíše k hernímu světu samotnému. Ludickou imerzi následně definuje jako všechny možnosti interakce, které hráč v herním světě má, oproti imerzi založené na výzvách, kterou Mäyrä a Ermiová definovali na základě plnění konkrétních herních úkolů. Narativní imerze je velmi podobná jejich imaginativní imerzi, avšak zatímco Mäyrä a Ermiová ji definují poměrně vágně jako ponoření se do příběhu či fikčního světa, Thon ji blíže konkretizuje a upozorňuje na fakt, že hry obsahují jednak narativní události (např. cut-scény<sup>45</sup>), jež posunují herní příběh a herní události, které se vytváří teprve v průběhu hraní. Důležité však je, že se tyto herní události mohou podílet i na narativní imerzi, pokud se nějakým způsobem dotýkají příběhu. Jako příklad může posloužit hra *Until Dawn* (Suppermassive Games, 2015), ve které hráčova rozhodnutí, případně šikovnost při plnění úkolů, mění běh příběhu nebo šance na

---

<sup>42</sup> Tamtéž, s. 2.

<sup>43</sup> THON, Jan-Noel. *Immersion Revisited: On the Value of a Contested Concept*, s. 33-34.

<sup>44</sup> Tamtéž, s. 35.

<sup>45</sup> Úseky hry, ve kterých hráč pasivně sleduje předem vytvořené animované (či hrané) sekvence.

přežití jednotlivých postav. Thon dále píše nejen o pohlcení samotným příběhem, ale i postavami v něm:

„Navrhujeme, aby se pojem narativní imerze vztahoval ke směřování hráčovy pozornosti směrem k odkrývání herního příběhu a postav v něm, stejně tak jako k tvorbě situačního modelu reprezentujícího nejenom různé postavy a události, ale fikční herní svět jako celek.“<sup>46,47</sup>

V případě herních postav se Thon neomezuje pouze na ty ovládané umělou inteligencí, ale oproti dřívějším modelům imerze přidává tzv. sociální imerzi, kterou považuje za unikátní pro žánr online her (konkrétně zmiňuje MMORPG<sup>48</sup> hry, případně online FPS hry<sup>49</sup>)<sup>50</sup>. Sociální imerze vzniká díky interakci jednotlivých hráčů mezi sebou a může dále posilovat narativní imerzi, vzhledem k tomu, že se odehrává uvnitř fikčního světa<sup>51</sup>.

Jednou z nejnovějších studií, jež zkoumá imerzi multidimenzionální optikou, je práce Gordona Calleji, který v roce 2011 vydal knihu *In-Game: From Immersion to Incorporation*. Calleja uvažuje o imerzi poměrně specificky – místo termínů imerze a prezence (dosavadní konceptualizaci považuje za problematickou)<sup>52</sup> používá, podobně jako Witmer a Singer, termín zapojení (involvement) a uvažuje o něm výlučně v kontextu počítačových her. Hlavním těžištěm práce je tzv. model zapojení hráče - „Player Involvement Model“. V něm definuje šest dimenzí (aspektů) imerze (viz Obrázek 3) a rozlišuje tzv. mikro a makro zapojení (micro a macro involvement). V případě mikro hovoří o zapojení během hry, zatímco makro zapojení vnímá jako momenty, které se odehrávají mimo samotný akt hraní (např. přemýšlení o hře, procházení internetových fór souvisejících se hrou apod.). Jednotlivé dimenze imerze definuje takto:

---

<sup>46</sup> Tamtéž, s. 37-38.

<sup>47</sup> Překlad autora; původní znění: „What we propose to call narrative immersion refers to the player’s shift of attention to the unfolding of the story of the game and the characters therein as well as to the construction of a situation model representing not only the various characters and narrative events, but also the fictional game world as a whole.“

<sup>48</sup> Massive Multiplayer Online Role-Playing Game – žánr her, kdy se ve společném virtuálním světě setkávají stovky hráčů se svými virtuálními avatary.

<sup>49</sup> First-Person Shooter – hry, ve kterých hráč ovládá svého avatara z pohledu první osoby. Hlavním cílem je většinou postřílení všech nepřátel – ať ovládaných počítačem, či jinými hráči.

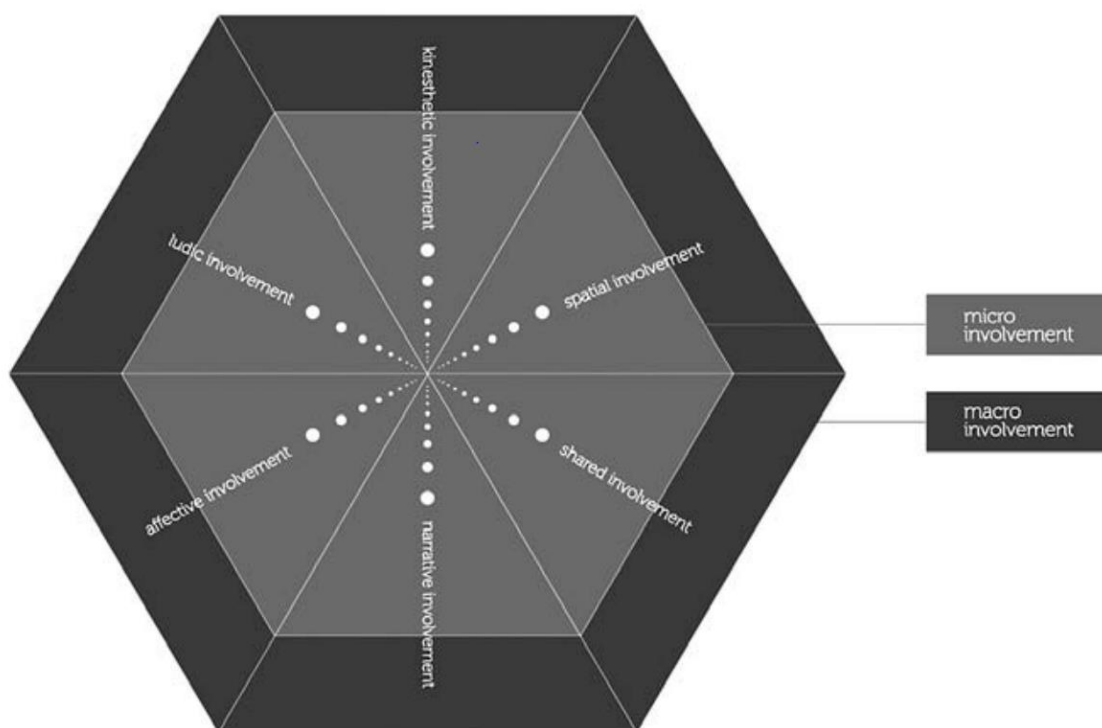
<sup>50</sup> Vzhledem k vydání práce v roce 2006 je v dnešní době množství herních žánrů, ve kterých lze sledovat sociální imerzi mnohem širší - např. MOBA hry, Battle royale a další.

<sup>51</sup> THON, Jan-Noel. *Immersion Revisited: On the Value of a Contested Concept*, s. 38.

<sup>52</sup> CALLEJA, Gordon. *In-game*, s. 18-22.

- **Kinesthetic involvement** (kinestetické zapojení)
- **Spatial involvement** (prostorové zapojení)
- **Shared involvement** (sdílené zapojení)
- **Narrative involvement** (narativní zapojení)
- **Affective involvement** (afektivní zapojení)
- **Ludic involvement** (ludické zapojení)

Můžeme sledovat podobnou tendenci, jako měl Jan-Noel Thon o rozšíření jednotlivých dimenzí imerze. Kde Ermiová a Mäyrä používali imaginativní imerzi, Thon hovořil o narativní imerzi, Calleja využívá dva separátní aspekty – narativní zapojení pro vnímání samotného příběhu hry a afektivní zapojení pro emotivní vztah vznikající během hraní. V případě imerze založené na výzvách, kterou Jan-Noel Thon zobecnil na herní imerzi, Calleja přichází s detailním rozdělením na herní, jež se týká pouze „herních prvků“ a kinestetickou, která v sobě zahrnuje aspekt pohybu hráče uvnitř hry<sup>53</sup>. Prostorové a sdílené zapojení pak korespondují s prostorovou a sociální imerzi podle Jan-Noel Thona.



Obrázek 3 Model zapojení hráče<sup>54</sup>

<sup>53</sup> Toto rozdělení vnímáme problematicky, jelikož i samotný pohyb v herním světě můžeme vnímat jako herní prvek – např. manévrování letadlem v leteckých simulátorech.

<sup>54</sup> CALLEJA, Gordon. *In-game*.

Výše zmíněné studie se věnovaly imerzi z multidimenzionálního pohledu a zabývaly se především otázkou, co imerzi způsobuje. Emily Brownová a Paul Cairns v práci *A Grounded Investigation of Game Immersion*, zkoumají imerzi primárně v horizontální (časové) rovině<sup>55</sup> a na základě kvalitativního výzkumu s hráči popsali tři stavy (úrovně) imerze, které hráč postupně zažívá<sup>56</sup>:

- **Engagement** (zaujetí)
- **Engrossment** (pohlčení)
- **Total immersion** (úplná imerze)

První úrovni – pocitu zaujetí – musí předcházet vůle samotného hráče chtít si hru zahrát a ponořit se do ní, což může být ovlivněno jednak jeho momentálním rozpoložením, ale také preferencí herního žánru apod. Stejně tak musí být přístupná samotná hra – nesmí klást hráči překážky, např. špatným způsobem ovládání nebo herními mechanikami. V případě překonání těchto úvodních překážek a ochoty hráče se do hry vědomě ponořit, přichází fáze pohlčení. Tato fáze nastává, pokud hra dokáže hráče zaujmout a ovlivnit na emocionální úrovni – zde se jedná o kombinaci audiovizuální složky, příběhu, herních mechanik<sup>57</sup>, hráči se pak již více noří do herního světa a ignorují ten okolní. Poslední fází je totální imerze, kterou označují jako prezenci, kdy jsou hráči naprosto odtrženi od reality a plně ponořeni do samotné hry. Jedná se však o poměrně výjimečný vztah závislý na schopnosti vcítit se do svého avatara a tzv. „atmosféře“, kterou popisují jako vlastnost hry udržet hráčovu pozornost neustále uvnitř hry.

Studie prezentovány v této kapitole nejsou kompletním výčtem prací na téma imerze, avšak přinášejí poměrně ucelený pohled na otázky, kterými se tento koncept zabývá a problematiku jeho definování. Pro zjednodušení uvádíme souhrnnou tabulku (viz Tabulka 1), která shrnuje, kterým aspektům se věnují jednotlivé práce a jaké využívají pojmenování.

---

<sup>55</sup> Tento přístup není unikátní pro Brownovou a Cairns, např. i Ryanová zkoumala, jak se imerze mění v čase. Arsenault ve výše zmíněné práci z této studie přímo vycházel.

<sup>56</sup> BROWN, Emily a Paul CAIRNS. A grounded investigation of game immersion, s. 1298-1299.

<sup>57</sup> Můžeme si všimnout, že jednotlivé aspekty jsou velmi podobné součástí SCI modelu Ermiové a Mäyry.



Autor	Imerze jako vlastnost technologie	Příčiny vzniku imerze (její atributy)				Průběh imerze v čase
		Percepční atribut	Narativní atribut	Interaktivní atribut	Sociální atribut	
Slater (2003)	systémová imerze					
Witmer a Singer (1998)		zapojení				
McMahan (2003)		perceptuálním imerze	diegetická imerze	nediegetická imerze		
Marie-Laure Ryan (2001)			prostorová temporální a emoční imerze	ludická imerze		soustředění, imagin. zapojení, zaujetí, závislost
Ermí a Mäyrä (2005)		senzorická imerze	imaginativní imerze	imerze založena na výzvách		
Arsenault (2005)		senzorická imerze	fikční imerze	systémová imerze		zaujetí, pohlčení, úplná imerze
Jan-Noel Thon (2008)		prostorová imerze	narativní imerze	ludická imerze	sociální imerze	
Gordon Calleja (2011)		prostorové zapojení	narativní a afektivní zapojení	kinestetické a ludické zapojení	sdílené zapojení	
Brown a Cairns (2004)						zaujetí, pohlčení, úplná imerze

Tabulka 1 Zjednodušený přehled jednotlivých teorií imerze

## 1.2. Prezence

Jedním z prvních a zásadních textů věnujících se (tele)prezenci ve vztahu k virtuální realitě (nikoliv obecné myšlence „remote-controlled economy“ jak o ní psal Marvin Minsky ve svém článku *Telepresence*<sup>58</sup>) je práce od Jonathana Steuera *Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence*. Kritizuje dosavadní definice virtuální reality jakožto čistě technicistní, založené na hardwaru – jako virtuální realita se tehdy totiž označovaly stroje schopné zprostředkovat zážitek ve virtuální realitě<sup>59</sup>. Toto myšlení Steuer kritizoval a přistupoval k virtuální realitě jako k „zážitku“, jehož základním klíčem je teleprezence<sup>60</sup> – tedy pocit bytí v jiném prostředí, než ve kterém se skutečně nacházíme.

Zdůrazňuje však důležitost technologie, která je zprostředkovatelem tohoto zážitku, jinak bychom mohli za „virtuální realitu“ považovat i lidské sny. Relativně podrobně také rozepsal jednotlivé aspekty, které se podílí na pocitu prezence (viz Obrázek 4). Jako dva základní faktory tohoto pocitu uvádí pojmy „vividness“ (sytost) a „interactivity“ (interaktivitu).

Sytostí popisuje stimulaci (zahlcení) lidských smyslů a dále ji dělí na „breadth“ (šířku) a „depth“ (hloubku). Šířka vyjadřuje, kolik lidských smyslů je do vnímání prezence zapojeno, a hloubka popisuje kvalitu jejich stimulace. Například projekce filmu v kině stimuluje zrak a sluch – nikoliv však hmat nebo čich. Pokud bychom porovnali projekci z rané éry filmu se současnou digitální v rozlišení 4K, dnes získává náš mozek větší množství (hloubku) informací díky většímu barevnému rozsahu a vyššímu rozlišení obrazu.

Interaktivitu definuje jako schopnost reakce virtuální reality na naše činy a závisí na třech aspektech – „speed“ (rychlost), „range“ (rozsah) a „mapping“ (mapování). Rychlost a rozsah označují rychlost odezvy systému a možnosti, jaké nám nabízí při interakci. Typickým příkladem rychlosti je odezva, s jakou dokáže helma pro virtuální realitu reagovat na pohyb lidského těla. V případě rozsahu pak můžeme porovnávat např. stupně svobody pohybu – tzv. 3DoF nebo 6DoF<sup>61</sup>.

---

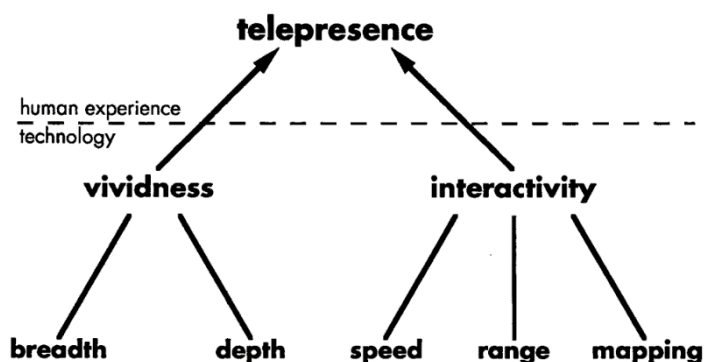
<sup>58</sup> MINSKY, Marvin. *Telepresence*.

<sup>59</sup> STEUER, Jonathan. *Defining Virtual Reality*, s. 75.

<sup>60</sup> Steuer pracoval i s pojmem prezence, avšak ponechával jej pro význam prostého bytí v daném prostoru (tedy samotnou existenci).

<sup>61</sup> 3DoF / 6DoF – Three / Six degrees of freedom – označuje úroveň volnosti pohybu ve virtuální realitě. 3DoF nabízí možnost rozhlížení se ve třech osách (X, Y, Z), avšak pouze

Mapování Steuer popisuje jako způsob překladu lidských pohybů do virtuálního světa. Jako ideální stav vnímá takový, kdy je pohyb ze skutečného světa identicky zreplicován ve virtuální realitě (tzv. natural mapping – přirozené mapování). Avšak ani v dnešní době nejsou technologie natolik vyspělé, aby tento způsob plnohodnotně umožnily, a je potřeba využívat nejrůznějších pohybových ovladačů nebo senzorů.



Obrázek 4 Jednotlivé komponenty způsobující teleprezenci<sup>62</sup>

V roce 1997 vyšel článek Theresy Dittonové a Matthewa Lombarda *At the Heart of It All*, který významným způsobem rozšiřoval dosavadní koncept prezence, a dodnes z něj čerpá řada studií. Lombard a Dittonová definovali prezenci jako iluzivní zážitek existence v jiném prostředí, aniž bychom si uvědomovali médium, které nám to umožňuje<sup>63</sup>. Zatímco Steuer zohledňoval ve své práci primárně technologické aspekty prezence, Lombard a Dittonová uvažovali o prezenci v širším kontextu – v první části svého textu identifikovali šest nejčastějších konceptů prezence<sup>64</sup>:

### 1) Presence as social richness (prezence jako sociální platforma)

Blížkost či intimita vzniklá za pomoci „prezenčního“ média, které ovlivňuje kvalitu sociální interakce. (Dané médium může být vnímáno uživatelem jako sociální a intimní, umožňující komunikovat s jinými lidmi novým způsobem.)

z jednoho bodu. 6DoF přidává možnost pohybu dopředu / dozadu, doleva / doprava a nahoru / dolů.

<sup>62</sup> STEUER, Jonathan. Defining Virtual Reality.

<sup>63</sup> LOMBARD, Matthew a Theresa DITTON. At the Heart of It All.

<sup>64</sup> Tamtéž.

## **2) Presence as (social / perceptual) realism** (prezence jako realismus)

Uvažování o konceptu prezence jako o realismu jak z hlediska perceptuálního (svět vypadá reálně), tak i sociálního (fungování světa působí reálně).

## **3) Presence as transportation** (prezence jako přenos)

Přemýšlení o konceptu prezence jako o přenosu – neuvažuje však pouze o přenosu uživatele do jiného světa, ale vytyčuje tři různé způsoby přemístění:

- *You are there (jsi tam)* – uživatel je přenesen do jiného světa – nejčastěji virtuální reality.
- *It is here (je zde)* – virtuální svět „přichází“ za uživatelem – například sledování televize, kdy nejsme přítomni ve virtuálním světě, ale naopak ten je přítomen u nás „v obýváku“; z dnešního pohledu by se zde dala zařadit i rozšířená realita.
- *We are together (jsme spolu)* – sdílené prostředí – tímto termínem označovali například telekonference, při kterých vznikl pocit, že jsou všichni účastníci na jednom místě.

## **4) Presence as immersion** (prezence jako imerze)

Hovoří o stavu, kdy dochází k pohlcení smyslů např. virtuální realitou nebo i pouhou návštěvou kina (perceptuální imerze) a mírou zaujetí diváka (psychologická imerze).

## **5) Presence as social actor within medium** (prezence jako sociální entita uvnitř média)

Tento koncept vychází ze schopnosti entit uvnitř médií „donutit“ diváka reagovat na ně jako na skutečné – divák (hráč) odpovídá postavám, které k němu promlouvají – např. dnes již legendární sponka v MS Word<sup>65</sup>.

---

<sup>65</sup> V kancelářském programu Microsoft Word 97 existovala funkce virtuálního pomocníka, který vypadal jako oživlá sponka. Nápoředa fungovala interaktivně a sponka tak často nabízela různé tipy, jak uživatelům ulehčit práci. Zároveň se stala terčem mnoha vtípů a karikatur.

## **6) Presence as medium as social actor** (prezence jako sociální entita)

Podobný koncept jako předchozí, avšak na rozdíl od něj uživatelé nereagují na virtuální entity uvnitř média, ale na médium jako takové. Jako příklad uvádějí komunikaci lidí s robotem.

V druhé části textu se konkrétně věnují příčinám a důsledkům prezence. Jako výchozí bod využívají Steuerovu práci, avšak rozšiřují příčiny (podmínky) vzniku prezence o několik aspektů. Ve vztahu k samotnému médiu zmiňují faktor „rušivosti“ média – tedy pokud nějakým způsobem vnímáme jeho přítomnost, naruší to naši prezenci (například to, že máme na hlavě VR helmu, která nás někde tlačí). Za stejně důležitý faktor považují samotný obsah a uživatele. U obsahu akcentují několik vlivů – zdali se jedná o „živý přenos“ nebo je „ze záznamu“ – argumentují případem hokejového zápasu, kdy je míra prezence vyšší v případě, že jej sledujeme s vědomím, že právě probíhá a nevíme, jak dopadne, než když se jedná o záznam<sup>66</sup>. Dalším faktorem, který zmiňují, je sociální realismus – pokud sledujeme film, jehož postavy se chovají nevěrohodně, je pro diváka hůře uvěřitelný, a tím se může narušovat pocit prezence. Poslední faktor v souvislosti s obsahem jsou jeho konvence – pokud užívá konvence netypické pro daný formát či žánr, je opět těžší získat pocit prezence<sup>67</sup>.

Z pohledu uživatele je důležitá jeho ochota ponořit se do zážitku a znalost média – pokud uživatel poprvé vyzkouší virtuální realitu bez znalosti ovládnutí, může to být kontraproduktivní navození pocitu prezence. Stejně tak musí být uživatel ochotný přistoupit na fakt, že se ocitne ve virtuálním světě. Důležitým aspektem, který Lombard a Dittonová zmiňují, je přítomnost dalších osob ve virtuálním světě, které přidávají na reálnosti. Kromě aspektů, jež jsou zodpovědné za pocit prezence, zkoumali také její efekty. Jednak pozitivní – jak se prezence podílí na potěšení, zapojení nebo zlepšování dovedností, ale i negativní jako motion sickness (kinetózu)<sup>68</sup>.

Práce Lombarda a Dittonové velice dobře ilustruje limity pojmu prezence – i přes to, že jej definuje velice obsáhle a na základě mnoha zdrojů, již v první části ukazuje, jak volně je tento termín interpretován. V textu se také často odkazuje

---

<sup>66</sup> Mohli bychom zde najít jistou analogii mezi interaktivním a neinteraktivním dílem, kdy v případě interaktivního díla probíhá také „v reálném čase“ a konec není jasně definován.

<sup>67</sup> Tamtéž.

<sup>68</sup> Motion sickness (kinetóza) – jev spojovaný s virtuální realitou, který způsobuje hráčům nevolnost z důvodu, že mozek dostává z různých smyslových center odlišné informace o pohybu těla (vizuálně vnímá pohyb, avšak systémy vnitřního ucha pohyb nevnímají).

na zážitky, které získáváme sledováním filmů, návštěvou kina nebo pouhým telefonním hovorem, avšak je otázkou, zdali se i v takových případech dá hovořit o prezenci. Co vnímáme jako problematické, je považování prezence za jev, který se vyvíjí v čase. Pokud budeme o prezenci uvažovat jako o pocitu přenesení (za využití konkrétní technologie), můžeme předpokládat, že tento stav buď v určité míře nastane, anebo ne. V případě, že začneme zohledňovat další faktory, které ovlivňují náš zážitek (např. samotný obsah a to, jak nás sám o sobě vtahuje), dostáváme na hranu toho, co je vlastně prezence a co již lze označit za imerzi nebo flow.

O fenomén prezence se zajímal také Mel Slater, který ve svém článku *A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments* shrnoval poznatky ze svých předchozích textů – základní tezí bylo rozlišení pojmů prezence a imerze. Imerzi označuje jako objektivní popis technologie (zorné pole, rozlišení displeje, možnosti interakce), kdežto prezenci označuje jako subjektivní pocit plynoucí právě z těchto objektivních kritérií<sup>69</sup>. Na Mela Slatera navazuje Martijn J. Schuemie se svým textem *Research on Presence in Virtual Reality: A Survey* jenž poměrně podrobně shrnuje dosavadní bádání v oblasti prezence a jako základní definici vybírá právě tu od Mela Slatera<sup>70</sup>.

V roce 2004 byl publikován text Kwan Min Leeho, který kritizoval dosavadní roztříštěné úvahy o prezenci. Revidoval dosavadní bádání a přišel s vlastní teorií prezence, o které píše:

„Začínám svou rozvahu předběžnou definicí prezence jako psychologického stavu, ve kterém je virtuálnost zážitku nepovšimnutá. Tato úvodní definice bude vysvětlena a dále rozvedena v následujících částech.“<sup>71,72</sup>

Podobně jako Steuer zmiňoval přítomnost technologie a např. sny, které nás také přenáší do fikčního světa, z úvah o prezenci vynechával (viz Obrázek 5). Jeho text však kromě samotné definice přichází s několika důležitými úvahami. Jednak

---

<sup>69</sup> SLATER, Mel a Sylvia WILBUR. *A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE)*, s. 3-5.

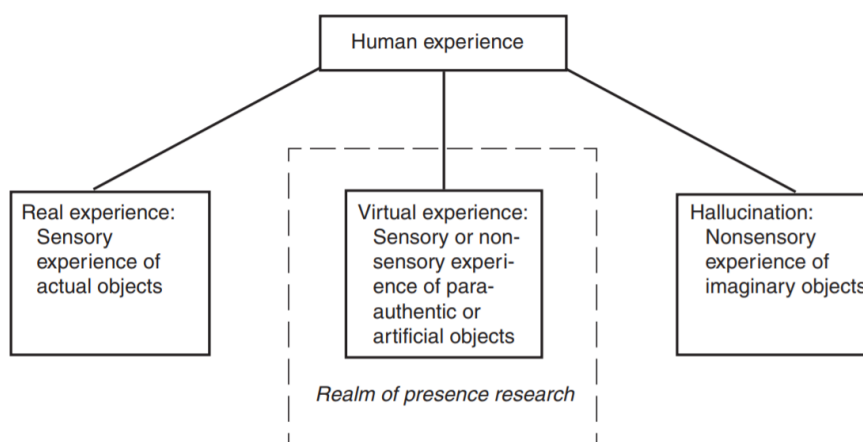
<sup>70</sup> SCHUEMIE, Martijn, Peter VAN DER STRAATEN, Merel KRIJN a Charles VAN DER MAST. *Research on Presence in Virtual Reality*.

<sup>71</sup> LEE, Kwan Min. *Presence, Explicated*, s. 6.

<sup>72</sup> Překlad autora; originální znění: „I begin my discussion by tentatively defining presence as ‚a psychological state in which the virtuality of experience is unnoticed.‘ This initial definition will be explicated and developed further in the following sections.“

prezenci označuje za psychologický stav – tedy ke zkoumání by se mělo přistupovat z hlediska psychologie než jako nějakého obecného jevu<sup>73</sup> – a odmítá šest východisek prezence, se kterými přišli Lombard a Dittonová. Sám prezenci dělí na tři dílčí aspekty:

- **Spatial presence** (prostorová prezence) – pocit fyzické přítomnosti ve virtuálním prostoru (např. mohu manipulovat s virtuálními objekty).
- **Social presence** (sociální prezence) – zážitek v podobě interakce s virtuálním světem (například možnost konverzace s NPC<sup>74</sup> postavami ve hrách).
- **Self presence** (osobní prezence) – ztotožnění se s virtuálním avatarem.



Obrázek 5 Definice rozsahu oblasti zkoumání prezence dle K. M. Leeho<sup>75</sup>

Myšlenku prostorové prezence dále rozvíjel Werner Wirth v textu *A process Model of the Formation of Spatial presence Experiences*, ve kterém se snažil sjednotit dosavadní teorie prezence, a to nejen pro médium virtuální reality, ale pro všechny ostatní média včetně knih nebo filmů. Za tímto účelem vytvořil dvoustupňový model prožívání prezence (viz Obrázek 6):

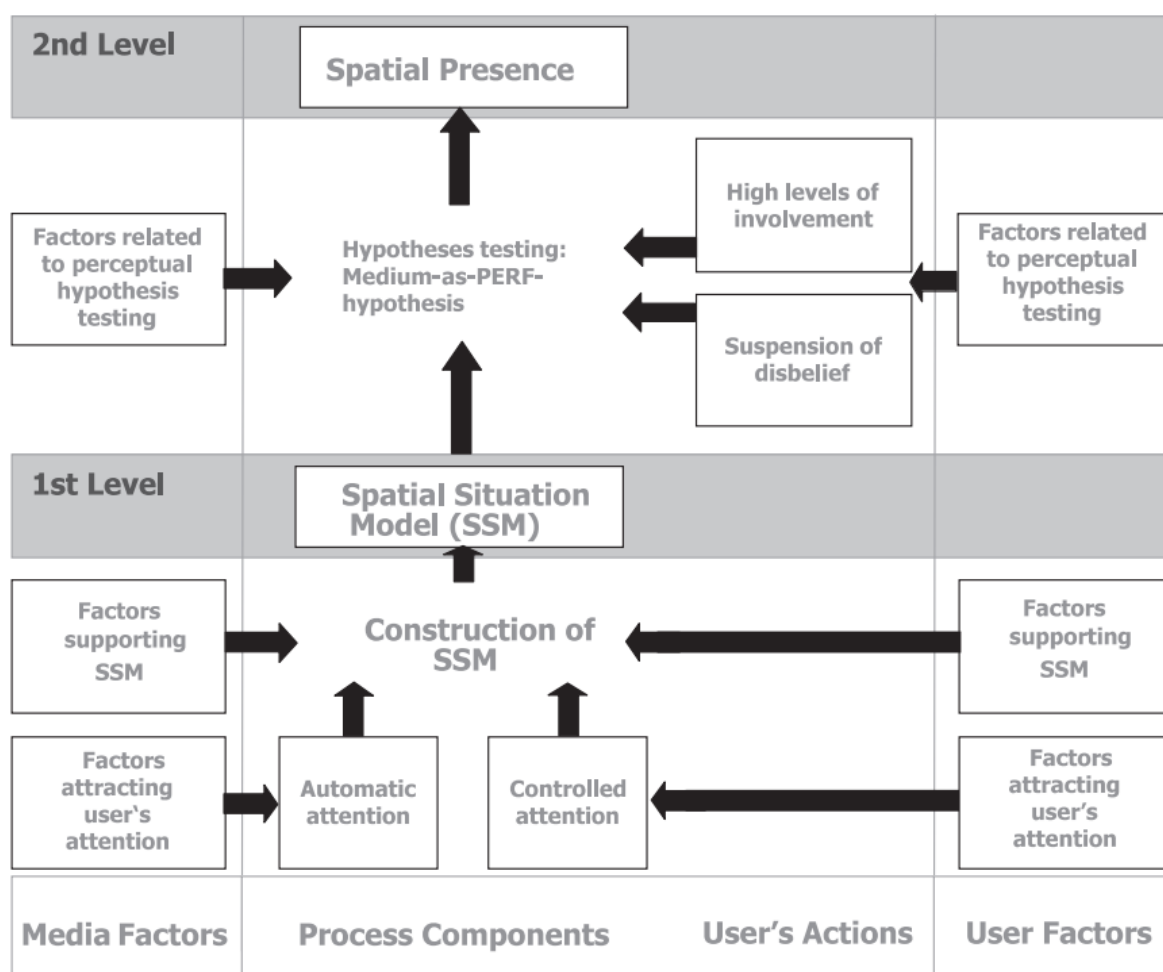
<sup>73</sup> Tamtéž, s. 6-7.

<sup>74</sup> NPC – non-player character – označení pro postavy ve videohrách, které jsou ovládány počítačem, nikoliv hráčem.

<sup>75</sup> LEE, Kwan Min. Presence, Explicated.

**1) SSM – Spatial Situation Model** (model prostorové situace) – první fáze, kdy si vytváříme svou vlastní představu o daném virtuálním prostředí – klademe si otázku „*Co to je za prostor?*“<sup>76</sup>. Při splnění určitých podmínek, jak na straně média (viz Steuerova definice na str. 27), tak na straně uživatele (ochota věnovat pozornost), nastává druhá úroveň.

**2) Spatial Presence** (prostorová prezenze) – druhá fáze, kdy dochází k potvrzení námi vytvořené prostorové představy s perceptuálním vjemem a můžeme prožívat prostorovou prezenci. Uživatel si klade otázku „*Jsem přítomen v dané místnosti?*“<sup>77</sup>.



Obrázek 6 Dvoustupňový model prezenze podle W. Wirtha<sup>78</sup>

<sup>76</sup> WIRTH, Werner, Tilo HARTMANN, Saskia BÖCKING et al. A Process Model of the Formation of Spatial Presence Experiences, s. 497.

<sup>77</sup> Tamtéž, s. 498.

<sup>78</sup> Tamtéž.



### 1.3. Flow

Termín „Flow“ zavedl v 70. letech maďarský psycholog Mihaly Csikszentmihalyi. Svůj výzkum zaměřoval primárně na problematiku štěstí - v rámci svých studií nabourával zažité představy, že štěstí spočívá v zažívání potěšení (např. koupě nového auta). Tvrdil, že se jedná pouze o naplnění potřeby, ale nepřináší „psychologický růst“ – ten přichází až se samotnou aktivní činností – řízením auta. Jako momenty intenzivního pocitu štěstí tak neoznačoval okamžiky pasivního odpočinku, ale chvíle, kdy je naše tělo a mysl dobrovolně zaměstnána konkrétní činností, která vyžaduje určité úsilí a snahu překonávat své vlastní hranice<sup>79</sup>. V případě, že existuje vhodný poměr mezi vyžadovaným úsilím a dosaženými výsledky, můžeme zažívat pocit flow. Koncept prvně zveřejnil v roce 1975 v knize *Beyond Boredom and Anxiety*<sup>80</sup> a následně jej rozpracovával ve svých dalších textech<sup>81,82</sup>. Sám jej definuje takto:

„Vytvořil jsem teorii optimálního zážitku založenou na konceptu flow – stavu, ve kterém jsou lidé natolik ponořeni v činnosti, že nic jiného se nezdá důležité; takový zážitek je sám o sobě natolik příjemný, že jej lidé budou vykonávat i za velkou cenu, čistě z potěšení ze samotné činnosti.“<sup>83,84</sup>

Koncept zkoumal také empiricky – nejprve za využití dotazníků či rozhovorů a v roce 1983 spolu s Reed W. Larsonem vytvořili výzkumnou metodu tzv. *Experience Sampling Method*<sup>85</sup>. Tato výzkumná metoda spočívala v průběžném testování, při kterém byli respondenti vybaveni pagerem, jenž je několikrát denně v náhodných intervalech upozornil, aby vyplnili dotazník s aktuální činností a tím, jak se cítí. Oproti klasickým dotazníkům nabízela tato metoda možnost zkoumání respondentů v jejich přirozeném rytmu a činnostech. Csikszentmihalyi definoval základní podmínky pro navození stavu flow<sup>86</sup>:

---

<sup>79</sup> CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. *Flow : the psychology of optimal experience*, s. 3.

<sup>80</sup> CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. *Beyond boredom and anxiety*, s. 36.

<sup>81</sup> CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. *Flow : the psychology of optimal experience*.

<sup>82</sup> CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly a Eva HAUSEROVÁ. *Flow*.

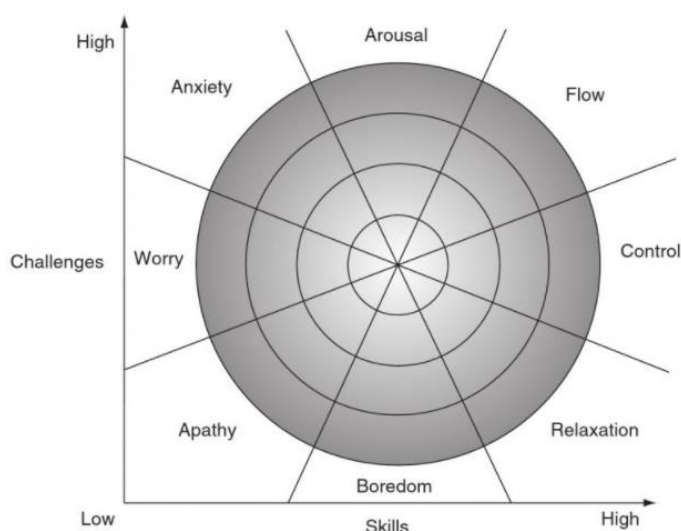
<sup>83</sup> CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. *Flow : the psychology of optimal experience*, s. 4.

<sup>84</sup> Překlad autora; originální znění: „I developed a theory of optimal experience based on the concept of flow—the state in which people are so involved in an activity that nothing else seems to matter; the experience itself is so enjoyable that people will do it even at great cost, for the sheer sake of doing it.“

<sup>85</sup> CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly a Reed LARSON. *The experience sampling method*.

<sup>86</sup> CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. *Beyond boredom and anxiety*, s. 42-48.

- **Jasně zadání a zpětná vazba** – Úkol musí být dobře nadefinován, jednak z hlediska srozumitelnosti, ale také obtížnosti, aby pro nás nebyl moc lehký, ani těžký. Stejně tak očekáváme zpětnou vazbu – ať již vnější (můžeme ji získat od jiného člověka nebo počítače), ale i vnitřní, kdy jsme spokojeni sami se svým výsledkem.
- **Rovnováha mezi zkušenostmi a výzvou** – Pokud naše zkušenosti výrazně převyšují obtížnost dané činnosti, dochází k nudě a ke ztrátě pozornosti. Naopak pokud je činnost těžší, než co jsme schopni zvládnout, přichází stres, úzkost a potenciálně ukončení činnosti. V případě, že jsou tyto dvě proměnné v souladu, nastává pocit flow, kdy nás činnost baví a jsme do ní pohroužení. Se zvyšujícími se zkušenostmi je potřeba zvyšovat i obtížnost činnosti – což je jeden z důležitých aspektů např. počítačových her – vhodně vybalancovaná obtížnost hry v průběhu hraní (viz Obrázek 7).



Obrázek 7 Model stavu flow, který ukazuje podmínky pro jeho navození<sup>87</sup>

V případě splnění těchto podmínek, se může při vykonávání dané činnosti dostavit pocit flow, který je charakteristický těmito vlastnostmi:

- **Vysoká soustředěnost na daný úkol** – při zažívání flow zaměříme veškerou naši pozornost na daný problém a ostatní věci ignorujeme, zatímco v běžných situacích náš mozek rozptyluje velké množství vjemů. Úzce souvisí se zkresleným vnímáním času (viz níže).

<sup>87</sup> CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. *Finding Flow*.

- **Paradox kontroly** – paradox kontroly hovoří o stavu, kdy věci nemáme pod kontrolou, ale díky flow nám to nevadí a jsme si jistí, že je to v pořádku – tento stav se může objevovat u hazardních her, kdy i přes to, že je šance na výhru mizivá, máme pocit, že máme situaci pod kontrolou.
- **Hluboké zaujetí** – činnost se stává spontánní a máme tak pocit, že vše jde přirozeně „bez námahy“.
- **Zkreslené vnímání času** – velice často dochází ke ztrátě pojmu o čase, zpětně máme pocit, že událost uběhla rychleji, než trvala.
- **Splynutí akcí a vědomí** – v průběhu vykonávání činnosti se naše akce „zautomatizují“ a činnost vykonáváme přirozeně a nepřemýšlíme nad ní.
- **Autotelická „vlastnost“ činnosti** – činnost vykonáváme, protože vidíme význam v samotném vykonávání činnosti.

Koncept flow je ve své podstatě velmi podobný imerzi – sleduje míru ponoření se do konkrétní činnosti, avšak na rozdíl od imerze je flow definován v obecné rovině<sup>88</sup>. Této podoby si všímá i text Lazarose Michailidise, který argumentuje mimo jiné podobnými výsledky při subjektivním měření těchto konceptů<sup>89</sup>. I přes to, že je imerze koncept výrazně spjatý s pocitem ponoření se do fikčních světů a příběhů (ať se již bavíme o literatuře, filmech nebo hrách), je i flow často spojováno právě s počítačovými hrami, jelikož představují ideální aktivitu pro jeho navození a umožňují jeho zkoumání v jasně definovaných experimentálních podmínkách. Současně může pomoci herním tvůrcům odhalit slabá místa jejich her – např. nevyváženou obtížnost, špatně definovaná zadání úkolů apod.

---

<sup>88</sup> Csikszentmihalyi zkoumal stav flow při nejrůznějších činnostech – tanec, horolezectví, hraní šachů, ale také studium či práce.

<sup>89</sup> MICHAILIDIS, Lazaros, Emili BALAGUER-BALLESTER a Xun HE. Flow and Immersion in Video Games.

## 1.4. Kognitivní absorpce

Pojem kognitivní absorpce definovala Ritu Agarwalová ve své práci *Cognitive Absorption and the Adoption of New Information Technologies*. Koncept vznikl jako reakce na rozvoj informačních technologií a snažil se zodpovědět na otázky, proč s nimi někteří lidé dokáží bez problémů pracovat a jiní je striktně odmítají<sup>90</sup>. Kognitivní absorpci definovala jako stav hluboké angažovanosti při používání softwaru. Oproti obdobným konceptům – např. *Technology Acceptance Model*<sup>91</sup> (TAM) nebo *Theory of Reasoned Action*<sup>92</sup> (TRA), se na problematiku dívala v širším kontextu a definovala tři základní pilíře kognitivní absorpce – flow, hravost (zábavnost) softwaru a uživatelská přívětivost<sup>93</sup>.

Svůj koncept dále rozvíjí v textu *Time Flies When You're Having Fun: Cognitive Absorption and Beliefs about Information*, kde prezentovala teoretický model kognitivní absorpce (viz Obrázek 8) a původní tři pilíře předefinovala na pilířů pět<sup>94</sup>:

- **Temporal Dissociation** – ztráta pojmu o čase
- **Focused Immersion** – ignorace okolí
- **Heightened Enjoyment** – příjemný pocit z interakce
- **Control** – pocit, že má uživatel nad softwarem kontrolu
- **Curiosity** – schopnost vzbuzovat v uživateli zvědavost

Součástí práce byl také v rozsáhlý výzkum s 288 respondenty, ve kterém se snažila v praxi ověřit funkčnost svého teoretického modelu<sup>95</sup>.

---

<sup>90</sup> AGARWAL, Ritu, V. SAMBAMURTHY a Ralph STAIR. COGNITIVE ABSORPTION AND THE ADOPTION OF NEW INFORMATION TECHNOLOGIES, s. 293.

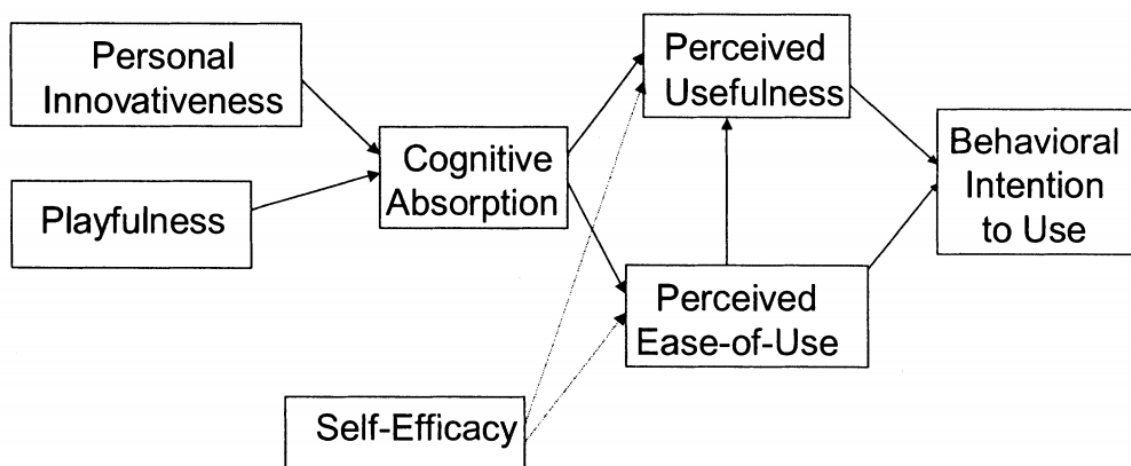
<sup>91</sup> DAVIS, Fred, Richard BAGOZZI a Paul WARSHAW. User Acceptance of Computer Technology.

<sup>92</sup> FISHBEN, Martin a Icek AJZEN. Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research.

<sup>93</sup> AGARWAL, Ritu, V. SAMBAMURTHY a Ralph STAIR. COGNITIVE ABSORPTION AND THE ADOPTION OF NEW INFORMATION TECHNOLOGIES, s. 294.

<sup>94</sup> AGARWAL, Ritu a Elena KARAHANNA. Time Flies When You're Having Fun, s. 673.

<sup>95</sup> Tamtéž, s.677-687.



Obrázek 8 Teoretický model kognitivní absorpce<sup>96</sup>

Kognitivní absorpce se od ostatních konceptů liší jednak svou úzkou definicí, která ji definuje pouze ve vztahu k informačním technologiím, ale především jinými motivacemi zkoumání. Pokud imerze zkoumá konkrétní zážitek a jeho průběh, prezence pocit existence ve virtuálním světě a flow obecné ponoření člověka do určité činnosti, kognitivní absorpci zajímá i motivace uživatele a zkoumá jeho vztah samotnému k softwaru. Můžeme si také povšimnout, že flow a kognitivní absorpce jsou definovány přesněji, a tak existuje menší množství studií, které by se snažily o redefinici daného pojmu. Jedním z důvodů může být fakt, že oba pojmy jsou uměle vytvořené a neopírají se o žádné historické ani zažité paradigma v jejich používání.

<sup>96</sup> AGARWAL, Ritu a Elena KARAHANNA. Time Flies When You're Having Fun.

## 1.5. Narativní transportace

Za jeden ze základních textů věnujících se konceptu narativní transportace můžeme považovat knihu Richarda Gerriga *Experiencing Narrative Worlds*, kde ji definoval takto:

„Někdo ("cestovatel") je důsledkem určitých činů nějakým způsobem přepraven. Cestovatel urazí určitou cestu ze svého světa původu, čímž učiní určité aspekty tohoto světa nepřístupné. Cestovatel se vrátí do světa původu pozměněn svou cestou.“<sup>97,98</sup>

Z této definice dále vychází ve svých textech Melanie Greenová a Timothy Brock <sup>99,100</sup>, kteří již užívají termín narativní transportace a definují ji jako schopnost literárního příběhu vtáhnout jeho čtenáře. Vtažení se odehrává na dvou úrovních – empatie a představivosti. O empatii hovoří v souvislosti se vcítěním se do jednotlivých postav a představivosti jako o schopnosti vidět svět tak, jako by se v něm sami nacházeli. V ideálním případě, se čtenář dostává do stavu, kdy ztrácí pojem o realitě. Greenová a Brock se vymezují se proti imerzi, u které považují za důležité přítomnost audiovizuálních podnětů, a flow, které vnímají jako obecný konstrukt<sup>99,100</sup>. Někteří akademici uvádějí jako důležitý aspekt narativní transportace schopnost textu ovlivnit čtenáře – jeho názory, náladu, ale i dlouhodobé postoje – objevuje se tak termín narativního přesvědčování (Narrative Persuasion), který bere tyto aspekty v potaz<sup>101</sup>.

I přes určitá specifika tohoto konceptu, však lze sledovat paralelu s narativním aspektem imerze (viz Tabulka 1, str. 25), především pak s prací Marie-Laure Ryanové, jež se imerzi v literatuře podrobně věnovala.

---

<sup>97</sup> GERRIG, Richard J. *Experiencing Narrative Worlds*, s. 10-11.

<sup>98</sup> Překlad autora; původní znění: „Someone ("the traveler") is transported, by some means of transportation, as a result of performing certain actions. The traveler goes some distance from his or her world of origin, which makes some aspects of the world of origin inaccessible. The traveler returns to the world of origin, somewhat changed by the journey.“

<sup>99</sup> GREEN, Melanie a Timothy BROCK. The role of transportation in the persuasiveness of public narratives.

<sup>100</sup> GREEN, Melanie a Timothy BROCK. In the Mind's Eye Transportation-Imagery Model of Narrative Persuasion.

<sup>101</sup> VAN LAER, Tom, Ko DE RUYTER, Luca VISCONTI a Martin WETZELS. The Extended Transportation-Imagery Model.

S množstvím rozdílných teorií můžeme sledovat obecný trend v bádání a (re)definování všech zmíněných pojmů. V počátcích se zkoumaly spíše technologie a jejich vlastnosti, později se přiklání spíše na prožitek a technologie zůstává v pozadí. Tento směr je logický – jednak již v průběhu 90. let proběhla řada studií věnujících se vztahu prezence, imerze a různých technologických aspektů (např. barevnost, velikost displeje, vliv virtuální reality apod.), druhým důvodem však je technologický posun, který se od té doby odehrál. V době vzniku těchto studií nebyla virtuální realita ani odpovídající počítačové technologie masově rozšířené a jejich technické parametry byly z dnešního pohledu na hranici použitelnosti. V současnosti se počítače staly nedílnou součástí našich životů a jejich používání je pro většinu z nás stejně přirozené jako sledování televize. Technologický pokrok dosáhl takové úrovně, že technologie, jež nám zprostředkují zážitek, často ani nevnímáme, a můžeme se tak ve zkoumání zaměřit na jiné aspekty, které naše prožívání skutečně ovlivňují (kvalita obsahu, sociální aspekt, vliv osobnosti diváka atd.) Nesmíme však zapomínat, že technologie je stále hlavním zprostředkovatelem audiovizuálních zážitků (počítačových her, filmů atd.), a nemělo by se tak na její vliv zapomínat ani při vědeckém zkoumání.

## 2. Metody zkoumání prožitku

Ke zkoumání prožitku lze obecně zvolit dva přístupy – objektivní měření fyziologických funkcí anebo subjektivní měření pomocí kvantitativního či kvalitativního výzkumu (např. formou dotazníků, focus groups či rozhovorů s respondenty). Na pomezí obou přístupů lze pak zařadit nepřímé zkoumání, např. skrze měření reakční doby uvnitř (nebo mimo) imerzivního prostředí.

Oba způsoby mají své výhody a úskalí, kterým se konkrétně budeme věnovat v následujících podkapitolách. Objektivní měření však přináší zásadní problém, a tím je vztah dané metody a zkoumaného konceptu. V případě sledování fyziologických funkcí je především nutná správná interpretace dat – to, že se nám např. při hraní her změnila tepová frekvence, vypovídá o určité reakci lidského těla, ale nutně nemusí znamenat, že prožíváme pocit imerze nebo třeba flow. Na tento problém naráží např. Mark Grimshaw, který zkoumal rozdíl v imerzi a flow při hraní počítačových her se zvukem a beze zvuku. Zatímco v případě subjektivního testování byly rozdíly v imerzi i flow statisticky signifikantní, v případě objektivního fyziologického měření (měření srdečního tepu a elektromyografie) nikoliv<sup>102</sup>. Dokonce i samotné fyziologické veličiny mohou s určitým konceptem korelovat rozdílně, jak ukazuje Darragh Egan, který porovnával kvalitu zážitku ve virtuální realitě a při sledování klasického monitoru s využitím elektrodermální aktivity a srdečního tepu. Elektrodermální aktivita vykazovala pro tyto dvě prostředí statisticky významně odlišné výsledky, avšak změřená tepová frekvence nikoliv<sup>103</sup>.

V případě subjektivního měření pro změnu narážíme na problém zpětného zkoumání stavu respondenta, čímž může docházet ke zkreslení jeho odpovědí. Výzkum dále komplikuje velké množství rozdílných dotazníků, odpovídajících různým definicím konceptů. Může se tak lehce stát, že při měření pocitu imerze lze s využitím rozdílných dotazníků dosáhnout diametrálně odlišných výsledků i přes to, že dané dotazníky zkoumají stejný koncept. Přesnost měření je tak diskutabilní a je potřeba na tyto limity brát ohled při vyhodnocování vlastních výzkumů.

---

<sup>102</sup> GRIMSHAW, Mark, Craig LINDLEY a Lennart NACKE. Sound and Immersion in the First-Person Shooter: Mixed Measurement of the Player's Sonic Experience, s. 5.

<sup>103</sup> EGAN, Darragh, Sean BRENNAN, John BARRETT, Yuansong QIAO, Christian TIMMERER a Niall MURRAY. An evaluation of Heart Rate and ElectroDermal Activity as an objective QoE evaluation method for immersive virtual reality environments.



## 2.1. Objektivní měření

Objektivní měření je ve většině případů poměrně náročné na realizaci, přináší však několik výhod. Umožňuje sledovat respondenty přímo při konkrétní činnosti (např. hraní her nebo plnění daného úkolu), a přinášet tak data v okamžiku, kdy by měli respondenti prožívat zkoumaný pocit (ponoření se). Některé techniky však mohou ovlivňovat komfort respondentů, nebo se prakticky vylučovat s určitými činnostmi<sup>104</sup>. Objektivní měření klade vyšší nároky na vyhodnocení dat, které by mělo být prováděno ve spolupráci s odborníky z daného oboru (kardiologie, neurologie apod.), a výzkum se tak stává náročnější a nákladnější. Mezi nejčastější metody využívané při objektivním měření patří:

- Měření tepové frekvence
- Měření dechové frekvence
- Elektroencefalografie (EEG)
- Elektromyografie (EMG)
- Měření elektrodermální aktivity (EDA)

### **Měření tepové frekvence**

Pravděpodobně nejčastěji používaná metoda objektivního zkoumání, kterou využila řada studií – např. Mark Grimshaw či Raymond Usher při zkoumání vlivu zvuku na imerzi hráče během hraní počítačových her<sup>105,106</sup>, Tomáš Oramus a Kateřina Lukavská při zkoumání vlivu rozdílných způsobů ovládání ve virtuální realitě na prezenci a flow<sup>107</sup>, Malena Ivarssonová při zkoumání vlivu hraní násilných

---

<sup>104</sup> Typickou problematickou kombinací je zkoumání virtuální reality a sledování pohybu očí.

<sup>105</sup> GRIMSHAW, Mark, Craig LINDLEY a Lennart NACKE. Sound and Immersion in the First-Person Shooter: Mixed Measurement of the Player's Sonic Experience.

<sup>106</sup> USHER, Raymond, Paul ROBERTSON a Robin SLOAN. Physical responses (arousal) to audio in games.

<sup>107</sup> ORAMUS, Tomáš a Kateřina LUKAVSKÁ. Comparison of the Effect of Control Mapping on Players' Presence in Different Environments.

počítačových her<sup>108</sup> nebo Darragh Egan, který zkoumal srdeční tep jako objektivní kritérium kvality zážitku ve virtuální realitě<sup>109</sup>.

Oproti ostatním způsobům je poměrně snadná na realizaci díky rozvoji tzv. chytrých náramků a hodinek. Ty totiž poskytují poměrně přesná data, jsou cenově dostupné a respondenty neomezují<sup>110</sup>. Zároveň je tepová frekvence pravděpodobně nejintuitivnějším fyziologickým ukazatelem – podvědomě chápeme, že v určitých momentech – např. když jsme ve stresu nebo máme strach, se srdeční tep zvýší, a naopak když jsme v klidu, tep se sníží na obvyklou hodnotu. Některé studie však ukazují, že ne vždy je měření tepové frekvence průkazné – zmiňuje to například Mark Grimshaw při zkoumání vlivu zvuku na imerzi při hraní počítačové hry *Half-Life 2* (Valve Corporation, 2004), kdy upozorňuje na to, že získaná data fyziologického měření nejsou koherentní s výsledky získanými z dotazníkového šetření<sup>111</sup>.

## Měření dechové frekvence

Podobně jako tepová frekvence je i sledování dechové frekvence intuitivní – sami na sobě vnímáme změny dechu nejen v souvislosti s fyzickou zátěží, ale také v okamžicích strachu či stresu. Oproti tepové frekvenci je však využívána velmi zřídka. Spolu s měřením tepové frekvence ji využil Raymond Usher v již zmíněné práci, ve které zkoumal vliv zvuku na imerzi při hraní počítačových her<sup>112</sup> nebo Yu Tian, který testoval vztah fyziologických funkcí a intenzity prožitku flow<sup>113</sup>.

---

<sup>108</sup> IVARSSON, Malena, Martin ANDERSON, Torbjörn ÅKERSTEDT a Frank LINDBLAD. Playing a violent television game affects heart rate variability.

<sup>109</sup> EGAN, Darragh, Sean BRENNAN, John BARRETT, Yuansong QIAO, Christian TIMMERER a Niall MURRAY. An evaluation of Heart Rate and ElectroDermal Activity as an objective QoE evaluation method for immersive virtual reality environments.

<sup>110</sup> Důležitým faktorem pro výběr vhodného zařízení je snadná možnost získání zdrojových dat měření. I přes to, že většina z komerčně nabízených náramků či hodinek disponuje přesným sledováním tepové frekvence, jen málokteré z nich disponují možností snadného exportu těchto dat pro další zpracování.

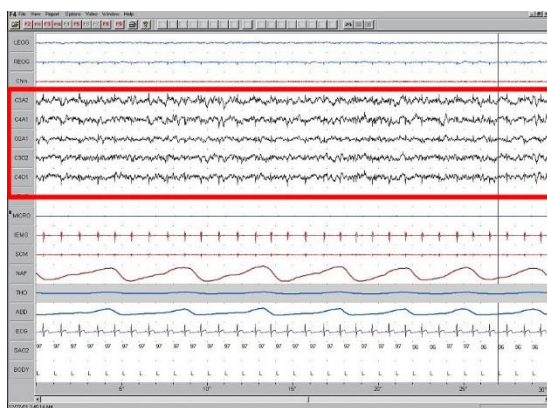
<sup>111</sup> GRIMSHAW, Mark, Craig LINDLEY a Lennart NACKE. Sound and Immersion in the First-Person Shooter: Mixed Measurement of the Player's Sonic Experience, s. 5.

<sup>112</sup> USHER, Raymond, Paul ROBERTSON a Robin SLOAN. Physical responses (arousal) to audio in games.

<sup>113</sup> TIAN, Yu, Yulong BIAN, Piguó HAN, Peng WANG, Fengqiang GAO a Yingmin CHEN. Physiological Signal Analysis for Evaluating Flow during Playing of Computer Games of Varying Difficulty.

## Elektroencefalografie (EEG)

Elektroencefalografie je technika zaznamenávající elektrickou aktivitu mozku – konkrétně zachytává časové změny elektrických potenciálů, které jsou způsobené mozkovou aktivitou<sup>114</sup>. Tyto proměnné signály jsou snímány elektrodami umístěnými na lidské hlavě a následně jsou přepsány do elektroencefalogramu (tzv. EEG křivka – viz Obrázek 9), z něhož lze vyčíst aktivitu jednotlivých částí mozku.



Obrázek 9 EEG křivka spícího člověka<sup>115</sup>



Obrázek 10 Elektrody pro měření EEG<sup>116</sup>

Primárně se využívá k diagnostice nejrozličnějších mozkových onemocnění – např. epilepsie<sup>117</sup>. EEG využil ve svém výzkumu T.A. Lin, který sledoval srdeční tep, krevní tlak a EEG ve vztahu k mentální relaxaci při různých činnostech<sup>118</sup>. Při experimentech se také využívá tzv. kognitivních evokovaných potenciálů (ERP<sup>119</sup>), což je vlastně odpověď nervové soustavy na určité podněty nebo události<sup>120</sup>. Kognitivních evokovaných potenciálů je několik druhů, avšak nejčastěji využívanou komponentou ERP je vlna P300, jež byla poprvé experimentálně použita v roce 1965<sup>121</sup> při sluchové stimulaci. Její název je odvozen od reakční doby 300 ms na

<sup>114</sup> Elektroencefalografie. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektroencefalografie>.

<sup>115</sup> Tamtéž.

<sup>116</sup> Headgear Neck, eeg. Dostupné z: <https://www.pngwing.com/en/free-png-irnxw>.

<sup>117</sup> Elektroencefalografie. Dostupné z: <https://www.wikiskripta.eu/w/Elektroencefalografie>.

<sup>118</sup> LIN, T.A. a L.R. JOHN. Quantifying Mental Relaxation with EEG for use in Computer Games.

<sup>119</sup> ERP – zkratka pro anglický název event-related potential.

<sup>120</sup> BAREŠ, Martin. Kognitivní evokované potenciály, s. 508.

<sup>121</sup> SUTTON, S., M. BRAREN, J. ZUBIN a E. JOHN. Evoked-Potential Correlates of Stimulus Uncertainty.

sluchový podnět (v případě vizuálního podnětu se reakční doba prodlužuje na 400-550 ms)<sup>122</sup>.

Měření EEG je komplexní problematika a vyžaduje nejen nákladné vybavení, ale také zkušený personál schopný měření správně provést a vyhodnotit. I přes to, že se nejedná o invazivní metodu, elektroencefalografie je limitující v nutnosti použití elektrod (viz Obrázek 10), čímž výrazně omezuje respondenta a činnosti, které může vykonávat (prakticky vyloučené je využití virtuální reality nebo sluchátek).

## Elektromyografie (EMG)

Elektromyografie je metoda zachycující elektrickou aktivitu svalů – za pomoci dvou elektrod (stimulační a snímací) sleduje přenos signálů skrze svalovou soustavu. Stimulační elektroda vysílá krátký elektrický impuls, na který sval zareaguje, a snímací elektroda (jako elektroda se často využívá tenká jehla, která je zapíchnuta přímo do svalu) tento signál zaznamenává<sup>123</sup>. V medicíně se EMG využívá pro diagnostiku svalových a nervových onemocnění (např. svalová dystrofie nebo roztroušená skleróza).



Obrázek 11 Obličejové EMG elektrody<sup>124</sup>

Pro potřeby zkoumání lidského vnímání se využívá snímacích elektrod umístěných na obličeji<sup>125</sup>, které zaznamenávají reakce obličejového svalstva (viz Obrázek 11). Oproti diagnostickému vyšetření v neurologii se v tomto případě

<sup>122</sup> BAREŠ, Martin. Kognitivní evokované potenciály, s. 512.

<sup>123</sup> EMG. Dostupné z: <https://www.kntb.cz/emg>.

<sup>124</sup> WHAT IS FACIAL EMG? [online]. Dostupné z: <http://hcdi.net/wp-content/uploads/2020/03/fEMG-Whitepaper.pdf>.

<sup>125</sup> V anglických zdrojích označují toto vyšetření pojmem „facial EMG“.

místo stimulační elektrody využívají vnější podněty, jež pohyb svalstva způsobují. Velmi často se s EMG můžeme setkat při zkoumání lidských emocí – každá ze základních emocí má popsany určitý vzorec pohybů obličejového svalstva (viz Obrázek 12), a lze tak analyzovat emoční reakce na konkrétní podnět – to například ukazuje práce Lars-Olov Lundqvista, který zkoumal emoční reakce při poslechu hudby<sup>126</sup>. Svou cestu si však tato metoda našla i do komerčního využití – např. při zkoumání reakcí respondentů reklamy na konkrétní produkty – tomuto tématu se věnovala i práce Paula D. Bollse, která analyzovala reakce respondentů na rozhlasové spoty<sup>127</sup>. Pro potřeby zkoumání lidského prožívání při konkrétní činnosti použil EMG například Lennart Nacke, který zkoumal flow a imerzi ve hře Half-Life 2<sup>128</sup> nebo M. Grimshaw v již zmíněné studii zkoumající vliv zvuku na imerzi při hraní počítačových her<sup>129</sup>.

Elementary emotions	Muscles involved	Associated actions in iMotions
Joy	Orbicularis oculi Zygomaticus major	Eye closure Smile
Surprise	Frontalis Levator palpebrae superioris	Brow raise Eye widen
Fear	Frontalis Corrugator supercilii Levator palpebrae superioris	Brow raise Brow furrow Eye widen
Anger	Corrugator supercilii Levator palpebrae superioris Orbicularis oculi	Brow furrow Eye widen Closing eyelids
Sadness	Frontalis Corrugator supercilii Depressor anguli oris	Brow raise Brow furrow Lip corner depressor
Disgust	Levator labii superioris Levator labii superioris alaeque nasi	Upper lip raise Upper lip raise and nose wrinkle

Obrázek 12 Základní emoce a přidružené pohyby obličejového svalstva<sup>130</sup>

<sup>126</sup> LUNDQVIST, Lars-Olov, Fredrik CARLSSON, Per HILMERSSON a Patrik JUSLIN. Emotional responses to music.

<sup>127</sup> BOLLS, PAUL, ANNIE LANG a ROBERT POTTER. The Effects of Message Valence and Listener Arousal on Attention, Memory, and Facial Muscular Responses to Radio Advertisements.

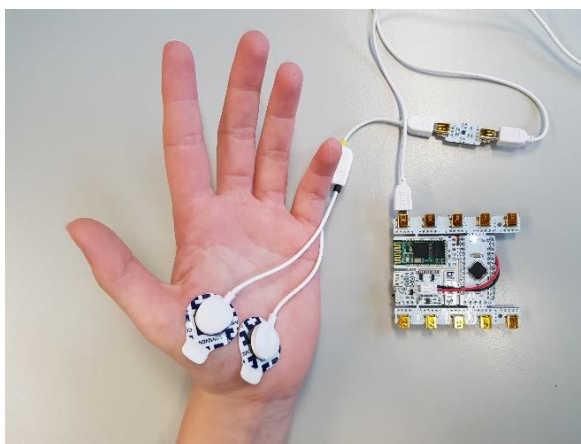
<sup>128</sup> NACKE, Lennart a Craig LINDLEY. *Affective Ludology, Flow and Immersion in a First-Person Shooter: Measurement of Player Experience* [online].

<sup>129</sup> GRIMSHAW, Mark, Craig LINDLEY a Lennart NACKE. Sound and Immersion in the First-Person Shooter: Mixed Measurement of the Player's Sonic Experience.

<sup>130</sup> What Is Facial EMG and How Does It Work?. Dostupné z: <https://imotions.com/blog/facial-electromyography/>.

## Měření elektrodermální aktivity (EDA)

Elektrodermální aktivita – taktéž označovaná jako kožně galvanická reakce – označuje měrnou vodivost kůže. Její hodnota je závislá na otevřenosti pórů – resp. na míře pocení – z toho důvodu se měří především na dlaních a chodidlech, kde póry intenzivněji reagují na psychogenní podněty<sup>131</sup>. Pro měření se využívají senzory umístěné na lidských rukou (viz Obrázek 13), avšak objevují se i komerčně dostupné a uživatelsky přívětivější senzory např. v podobě chytrých hodinek<sup>132</sup>.



Obrázek 13 Senzory pro měření EDA<sup>133</sup>

Měřením elektrodermální aktivity jsme schopni zaznamenat změnu emočního rozpoložení respondenta (např. emoční napětí při lhaní), což tuto metodu předurčilo jako jeden z hlavních komponentů tzv. detektorů lži<sup>134</sup>. Této schopnosti lze však také využít pro zkoumání lidského prožívání, které je úzce spjato s našimi emocemi. Elektrodermální aktivitu využila řada prací - např. již zmíněné výzkumy od Darragha Egana<sup>135</sup> nebo Lennarta Nackeho<sup>136</sup>.

<sup>131</sup> Systém psychofyziologický. Dostupné z: <https://psych.upol.cz/veda-a-vyzkum/laboratore-katedry/system-psychofyziologicky/>.

<sup>132</sup> Advanced Health Smartwatch | Fitbit Sense. Dostupné z: <https://www.fitbit.com/global/us/products/smartwatches/sense>.

<sup>133</sup> Cognitive Load Measurement using Electrodermal Activity. Dostupné z: <https://iml.dfki.de/cognitive-load-measurement-using-electrodermal-activity/>.

<sup>134</sup> Systém psychofyziologický. Dostupné z: <https://psych.upol.cz/veda-a-vyzkum/laboratore-katedry/system-psychofyziologicky/>.

<sup>135</sup> EGAN, Darragh, Sean BRENNAN, John BARRETT, Yuansong QIAO, Christian TIMMERER a Niall MURRAY. An evaluation of Heart Rate and ElectroDermal Activity as an objective QoE evaluation method for immersive virtual reality environments.

<sup>136</sup> NACKE, Lennart a Craig LINDLEY. *Affective Ludology, Flow and Immersion in a First-Person Shooter: Measurement of Player Experience* [online].

## 2.2. Subjektivní měření

Subjektivní měření můžeme považovat za nepsaný standard zkoumání konceptů imerze, prezence či flow – kvantitativní výzkum je pilířem téměř všech empirických studií zaměřených na tyto konstrukty. Spíše výjimečně se můžeme setkat také s kvalitativním výzkumem - např. v práci Laury Ermiové a Franse Mäyry – *Power and Control of Games: Children as the Actors of Game Cultures*, kteří za využití dotazníků a rozhovorů zkoumali vztah dětí k počítačovým hrám<sup>137</sup>, nebo ve výzkumu Jona Francomba – *Evaluation of Spatial Audio Reproduction Methods (Part 1): Elicitation of Perceptual Differences*, ve kterém se snažil identifikovat atributy zodpovědné za posluchačskou preferenci zvukových formátů<sup>138</sup>. Vzhledem k faktu, že standardizované dotazníky jsou základem většiny výzkumů, se budeme dále zabývat právě jimi.

Dotazníky, na rozdíl od fyziologického měření, jsou spjaté se zkoumáním určitého konceptu či prožitku – zatímco fyziologická reakce bude pro určitý prožitek v konkrétním čase unikátní, jednotlivé dotazníky mohou tento prožitek vyhodnotit s rozdílnými výsledky podle jejich zaměření. To je i jeden z důvodů, proč je problematické prokazování souvislosti fyziologických funkcí s koncepty prožívání. Jedním z důležitých kroků při sestavování dotazníku je proces jeho validace – poměrně přehledně tento proces popisuje Dave Collindgridge ve svém webovém příspěvku *Validating a Questionnaire*<sup>139</sup>. V principu jde o ověření toho, že dotazník opravdu zkoumá to, co chceme, aby zkoumal. Collindgridge popisuje několik kroků, kterými by měl projít každý dotazník, než bude využit v „ostrém provozu“. Prvním je konzultace dotazníku s odborníky – jednak s těmi z oboru, který má dotazník zkoumat, ale také se sociology, kteří mohou odhalit chyby ve stavbě dotazníku. Dalším krokem je ověřovací pilotní studie a její následná statistická analýza, pro ověření integrity dotazníku (Collindgridge konkrétně zmiňuje analýzu hlavních komponent – PCA a test vnitřní konzistence). Pokud je potřeba dotazník po pilotní studii výrazně upravovat, doporučuje studii zopakovat, v opačném případě je možné jej využít v reálném experimentu.

---

<sup>137</sup> ERMI, Laura a Frans MÄYRÄ. Power and control of games: Children as the actors of game cultures.

<sup>138</sup> FRANCOMBE, Jon, Tim BROOKES a Russell MASON. Evaluation of Spatial Audio Reproduction Methods (Part 1).

<sup>139</sup> COLLINGRIDGE, Dave. Validating a Questionnaire.

Tabulka 2<sup>140</sup> prezentuje výběr často používaných validovaných dotazníků, které zkoumají koncepty imerze, prezence a flow. Můžeme sledovat šíři zkoumaných komponent, ale také robustnost některých dotazníků (např. Game Engagement Questionnaire), který v sobě zahrnuje prezenci, flow, imerzi a absorpci. Vzhledem k jejich rozmanitosti (často i v rámci zkoumání jednoho konceptu) je volba dotazníků v konkrétním výzkumu zásadním krokem a měla by reflektovat výzkumné hypotézy a otázky. Výběru dotazníků pro výzkumnou část této práce se budeme jednotlivě věnovat v příslušných kapitolách.

<i>Dotazník</i>	<i>Počet otázek</i>	<i>Zkoumané komponenty</i>
<i>Flow Short Scale (FKS)<sup>141</sup></i>	13	Flow <sup>142</sup> Worry (Obavy)
<i>The Flow State Scale<sup>143</sup></i>	36	Flow <sup>142</sup>
<i>Immersive Experience Questionnaire (IEQ)<sup>144</sup></i>	31	Emotional involvement (Emoční zapojení) Cognitive involvement (Kognitivní zapojení) Real world dissociation (Odpojení od skutečného světa) Challenge (Výzva) Control (Kontrola)
<i>Game Engagement Questionnaire (GEQ)<sup>145</sup></i>	19	Absorption (Absorpce) Flow Presence (Prezence) Immersion (Imerze)

<sup>140</sup> V tabulce uvádíme české překlady jednotlivých zkoumaných komponent. Nejedná se však o doslovný překlad pojmenování těchto komponent, spíše o významový.

<sup>141</sup> STIENSMEIER-PELSTER, Joachim a Falko RHEINBERG. *Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept*.

<sup>142</sup> Hlavní komponentou je flow, avšak dotazník se skládá ze zkoumání jeho dílčích komponent (viz kapitola 1.3). Je tak teoreticky možné zkoumat jednotlivé komponenty samostatně, ale primárním výstupem je celková hodnota flow.

<sup>143</sup> JACKSON, Susan a Herbert MARSH. Development and Validation of a Scale to Measure Optimal Experience.

<sup>144</sup> JENNETT, Charlene, Anna COX, Paul CAIRNS, Samira DHOPAREE, Andrew EPPS, Tim TIJS a Alison WALTON. Measuring and defining the experience of immersion in games.

<sup>145</sup> BROCKMYER, Jeanne, Christine FOX, Kathleen CURTISS, Evan MCBROOM, Kimberly BURKHART a Jacquelyn PIDRUZNY. The development of the Game Engagement Questionnaire.



<i>Social Presence in Gaming Questionnaire (SPGQ)</i> <sup>146,147</sup>	17	Psychological involvement – empathy (schopnost empatie) Psychological involvement – negative feelings (negativní postoj) Behavioural engagement (Chování vůči ostatním)
<i>Game Experience Questionnaire – Core Module (GEQ)</i> <sup>148</sup>	33 (14) <sup>149</sup>	Competence (Pocit kompetencí / schopností) Sensory and Imaginative Immersion (Senzorická a imaginativní imerze) Flow Tension / Annoyance (Míra nepříjemnosti) Challenge (Úroveň výzev) Negative affect <sup>150</sup> (Negativní afektivita) Positive affect (Pozitivní afektivita)
<i>Presence Questionnaire</i> <sup>151</sup>	32	Control factors (Faktor ovládnání) Sensory factors (Senzorické faktory) Distraction factors (Faktor rozptýlení) Realism factors (Faktor realismu)
<i>Igroup Presence Questionnaire (IPQ)</i> <sup>152</sup>	14	Sense of Being There (Pocit přenesení do virtuálního prostoru) Spatial Presence (Prostorová prezence) Realism (Realismus) Involvement (Zapojení)
<i>Sense of Presence Inventory (ITC-SOPI)</i> <sup>153</sup>	44	Sense of physical space (Pocit existence ve virtuálním prostoru) Engagement (Zapojení) Ecological Validity (Uvěřitelnost obsahu) Negative Effects <sup>154</sup> (Negativní efekty)

Tabulka 2 Přehled často používaných dotazníků

<sup>146</sup> IJSELSTEIJN, Wijnand, Yvonne DE KORT a Karolien POELS. Digital games as social presence technology : development of the social presence in gaming questionnaire (SPGQ).

<sup>147</sup> Dotazník je součástí Game Experience Questionnaire jako tzv. Social Presence Module.

<sup>148</sup> IJSELSTEIJN, Wijnand a Yvonne DE KORT. *The Game Experience Questionnaire*.

<sup>149</sup> Dotazník existuje ve zkrácené variantě tzv. „In Game Version“. Tato varianta má 14 otázek (pro každý komponent dvě) a je určena pro průběžné testování v průběhu experimentu.

<sup>150</sup> Negativní / pozitivní afektivita označují, jak moc konkrétní prožitek způsobil změnu respondentovy nálady negativním či pozitivním směrem.

<sup>151</sup> WITMER, Bob a Michael SINGER. Measuring Presence in Virtual Environments.

<sup>152</sup> Igroup presence questionnaire (IPQ). Dostupné z: <http://www.igroup.org/pq/ipq/index.php>.

<sup>153</sup> LESSITER, Jane, Jonathan FREEMAN, Edmund KEOGH a Jules DAVIDOFF. A Cross-Media Presence Questionnaire.

<sup>154</sup> Negativními efekty v tomto případě označují nevyžádané fyziologické reakce – únava očí, závrať apod.

### 3. Teoretické východisko vlastního výzkumu

Množství teorií zkoumajících lidské prožívání je velmi rozsáhlé – i přes opakující se snahy o systematizaci a kategorizaci (např. A. Imran Nordin v roce 2014<sup>155</sup>, Niels Christian Nilsson v roce 2016<sup>156</sup> nebo Sarwesh Agrawal v roce 2019<sup>157</sup>) je evidentní, že řada studií není vzájemně kompatibilních. Pro potřeby vlastního zkoumání je tak třeba vytyčit si rámec ze kterého budeme vycházet – byť s vědomím, že obsáhnout současně všechny prezentované úhly pohledu nelze.

Vzhledem k absenci univerzální definice se pokusíme přistoupit k problematice z opačného konce – tedy od konkrétní výzkumné otázky. Pokud budeme vycházet z názvu této práce – tedy jakým způsobem ovlivňuje zvuková složka vnímání audiovizuálního díla (v kontextu této práce zkoumáme především technické atributy zvukové složky, nikoliv její dramaturgii), měli bychom se nejprve zamyslet nad tím, zdali se tak vůbec děje. Na otázku, zdali pouhá přítomnost zvuku ovlivňuje naše vnímání, již odpovídá řada prací. Mark Grimshaw prokázal, že absence zvukové složky nebo jejich jednotlivých částí – hudby a dialogů, ovlivňuje imerzi a flow při hraní počítačových her<sup>158</sup>. Stephen Gormanley demonstroval vliv přítomnosti zvuku na imerzi hráče (podobně jako Mark Grimshaw zkoumal i jednotlivé komponenty – nediegetickou hudbu a ruchy)<sup>159</sup>. Další studii provedl také Raymond Usher, který prokázal vliv zvukové složky na fyziologické funkce (konkrétně srdeční tep a dechovou frekvenci)<sup>160</sup>.

I když se tyto výzkumy do jisté míry rozcházejí v metodologii, shodují se v tom, že za přítomnosti zvukové složky vnímáme audiovizuální dílo intenzivněji – jsme schopni se do jeho prožívání hlouběji ponořit. V případě, že zvukovou složku odstraníme, přicházíme nejen o určitou technickou kvalitu, ale téměř vždy přicházíme i o informační hodnotu, kterou v sobě nese právě zvuk – ať je v daný

---

<sup>155</sup> NORDIN, A., Alena DENISOVA a Paul CAIRNS. Too Many Questionnaires: Measuring Player Experience Whilst Playing Digital Games.

<sup>156</sup> NILSSON, Niels, Rolf NORDAHL a Stefania SERAFIN. Immersion Revisited.

<sup>157</sup> AGRAWAL, Sarvesh, Adèle SIMON, Søren BECH, Klaus BæRENTSEN a Søren FORCHHAMMER. Defining Immersion: Literature Review and Implications for Research on Immersive Audiovisual Experiences.

<sup>158</sup> GRIMSHAW, Mark, Craig LINDLEY a Lennart NACKE. Sound and Immersion in the First-Person Shooter: Mixed Measurement of the Player's Sonic Experience.

<sup>159</sup> GORMANLEY, Stephen. Audio immersion in games – a case study using an online game with background music and sound effects.

<sup>160</sup> USHER, Raymond, Paul ROBERTSON a Robin SLOAN. Physical responses (arousal) to audio in games.

moment nositelem emocí, či konkrétních informací (nejčastěji ve formě dialogu). Pokud se na tuto tezi budeme dívat z multidimenzionálního pohledu imerze<sup>161</sup>, tak při odebrání zvukové složky měníme nejen percepční aspekt, ale také narativní, výjimečně i interaktivní<sup>162</sup>.

Jak se však postavit k situaci, kdy je zvuková složka stále přítomna, a mění se pouze její vlastnosti – například rozdílný počet kanálů (mono – stereo) nebo frekvenční a dynamický rozsah média či reprodukčního řetězce? Pokud takto alterujeme zvukovou složku, můžeme zjednodušeně uvažovat o dvou základních situacích:

- Změna kvality zvukové složky vede k omezení, znehodnocení či úplnému vypuštění informací nezbytných pro narativní nebo interaktivní složku – hovoříme tedy o situaci, kdy je ovlivněna percepční i narativní či interaktivní složka imerze.
- Změna kvality zvukové složky nevede k omezení či znehodnocení důležitých informací pro narativní nebo interaktivní složku – ovlivněna je pouze percepční složka imerze.

Jako modelový příklad můžeme využít poměrně běžnou situaci z éry filmového zvukového formátu Dolby Digital<sup>163</sup>. Při projekci filmové kopie docházelo často k poškození digitální zvukové stopy umístěné mezi perforačními otvory. Aby se předešlo kompletnímu výpadku zvuku, bylo povinné na filmový pás umístit také analogový záznam ve formátu Dolby Stereo<sup>164</sup>, jenž se automaticky spustil v případě výpadku Dolby Digital.

---

<sup>161</sup> Hovoříme o multidimenzionálním konceptu imerze v obecné rovině.

<sup>162</sup> V určitých případech může docházet také k alteraci interaktivního aspektu – např. u her založených na interakci se zvukovou stopou jako jsou *Vib Ribbon* nebo *Guitar Hero*.

<sup>163</sup> Dolby Digital je digitální zvukový formát uložený mezi otvory perforace na filmové kopii. Využíval rozložení kanálů 5.1 – tedy tři kanály za plátnem (levý – center – pravý), dva surroundové po stranách sálu a dedikovaný basový efektový kanál LFE.

<sup>164</sup> Dolby Stereo je čtyřkanálový analogový zvukový formát zakódovaný do dvou zvukových stop umístěných na filmové kopii. Rozložení kanálů je tři za plátnem a jeden surroundový v sále.

Oproti svému digitálnímu sourozenci disponoval menším dynamickým rozsahem a pouze čtyřkanálovým zvukem<sup>165</sup>. Divák tak sice přicházel o určitou kvalitu zvukového záznamu – například méně přesná prostorová lokalizace nebo nižší dynamický a frekvenční rozsah, avšak i přes to obsahoval zvukový mix potřebné informace, takže nedošlo ke změně narativu. Zcela jiná situace nastala v případě, že v reprodukčním řetězci přestal fungovat například zesilovač. V takovém okamžiku došlo k vypnutí některých reproduktorů, což znamenalo, že zvuky umístěné pouze v těchto reproduktorech byly pro diváka nenávratně ztraceny. Pokud by se tento problém projevil na „center“ kanálu, přišli by diváci o téměř veškerý dialog hlavních postav.

Vztáhneme-li tento modelový příklad na multidimenzionální koncept imerze, můžeme říci, že změna formátu z Dolby Digital na Dolby Stereo se nijak nedotýká narativního aspektu imerze, pouze sensorického, kdy může dojít k menšímu pocitu imerze vlivem špatné kvality zvuku nebo pocitem horší prostorovosti. Naopak výpadek zesilovače by mohl výrazně zasáhnout i do narativního aspektu.

Nabízí se však otázka, jakým způsobem ke zmíněným situacím přistupovat, pokud bychom zvolili pro naše zkoumání jiný koncept než imerzi. Vzhledem k faktu, že narativní transportace je úzce svázaná s literaturou a kognitivní absorpce s počítačovým softwarem, můžeme tyto dva úzce specifikované koncepty z dalšího bádání vlivu zvukové složky vynechat a dále se věnovat pouze prezenci a flow.

Koncept flow je aplikovatelný téměř na jakoukoliv aktivitu, sleduje však jiné cíle. Imerze či prezence předpokládají ponoření i na základě pouhé existence ve virtuálním či herním světě a můžeme u nich najít přímou vazbu vlivu technologie či prezentovaného obsahu na míru intenzity těchto konceptů. Flow ve své podstatě vyžaduje aktivní činnost participanta a míra intenzity flow hodnotí samotnou aktivitu a to, jak je vhodná pro navození tohoto pocitu. V případě změny zvukové kvality (nebo kompletní absence zvuku) vypovídají hodnoty flow spíše o povaze samotného obsahu v kontextu toho, jak tato změna ovlivňuje získanou zpětnou

---

<sup>165</sup> Je důležité podotknout, že zvukový průmysl (ať je řeč o filmovém, interaktivním či hudebním) velmi dbá na zpětnou kompatibilitu. Při implementaci téměř každé nové technologie realizují tvůrci implementaci tak, aby zaručovala kompatibilitu s předešlým řetězcem. V době, kdy vznikl formát Dolby Stereo, byl zásadní požadavek pro udržení kompatibility s tehdejšími mono formáty. Podobná situace se odehrála v případě nástupu Dolby Digital a můžeme ji sledovat i v současnosti s formátem Dolby Atmos, kdy i přes přítomnost plnohodnotné zvukové stopy Dolby Atmos v DCP balíčku je vyžadována taktéž stopa ve formátu 5.1 nebo 7.1.

vazbu, jasné zadání činností nebo vyvážení výzev. To může být výrazné v situacích, kdy konkrétní obsah (např. hry) spoléhají na zvukovou složku jako nositele informací důležitých pro hráčovy akce. Zkoumání tohoto konceptu na daných příkladech tak může být validní (ostatně Mark Grimshaw jej při zkoumání vlivu zvuku také sledoval jako jedno z kritérií<sup>166</sup>), avšak v případě, že bychom chtěli flow aplikovat na zkoumání pasivního diváckého zážitku (nikoliv aktivního hráčského), pravděpodobně bychom narazili na jeho limity, jelikož pasivní konzumace obsahu nám nepřináší žádné výzvy či zpětnou vazbu a v tomto případě se použití flow nejeví jako vhodné kritérium.

Druhým citovaným konceptem je prezence. Základní tezí, na které se shodnou pravděpodobně všechny studie a je také jedním z hlavních atributů dotazníků, je pocit bytí ve virtuálním prostředí. I přes to, že je tento koncept spjat především s virtuální realitou, nemusí tomu tak být výlučně. Jonathan Steuer píše, že jakákoliv technologie, která nám zprostředkovává určitý zážitek, může způsobovat pocit prezence<sup>167</sup>. Z této úvahy vychází dotazník ITC-SOPI, který pracuje s prezencí jako jevem nezávislým na médiu<sup>168</sup>. Dotazník využila např. studie Jonathana Freemana, která zkoumala podobný problém jako zde uvedený modelový příklad – vliv konfigurace reproduktorů – stereo a 5.1 - na pocit prezence<sup>169</sup>. Pokud se vrátíme k modelovým příkladům změny zvukové kvality (potažmo absence zvukové složky), je evidentní, že dochází ke změně intenzity zapojení smyslů, případně i jejich množství (viz Obrázek 4, str.27). V praktickém zkoumání je tato změna prezence zastoupena nejen pocitem přenesení do virtuálního prostředí, ale také jeho uvěřitelností a jeho schopností nás mentálně izolovat od okolního světa.

Vyvstává tedy hlavní otázka – který z prezentovaných konceptů zvolit pro výzkum vlivu zvukové složky na naše vnímání audiovizuálního díla? Obáváme se, že na tuto otázku neexistuje jednotná odpověď a je třeba vždy postupovat podle konkrétní výzkumné otázky. Určitou nápoředu nám však dávají samotné koncepty. Imerze je zaměřena na ponoření se nejen v kontextu audiovizuální složky, ale také narativní a interaktivní a spíše než s technologií bývá spojována s konkrétním

---

<sup>166</sup> GRIMSHAW, Mark, Craig LINDLEY a Lennart NACKE. Sound and Immersion in the First-Person Shooter: Mixed Measurement of the Player's Sonic Experience.

<sup>167</sup> STEUER, Jonathan. Defining Virtual Reality, s. 79.

<sup>168</sup> LESSITER, Jane, Jonathan FREEMAN, Edmund KEOGH a Jules DAVIDOFF. A Cross-Media Presence Questionnaire.

<sup>169</sup> FREEMAN, Jonathan a Jane LESSITER. Really hear? The effects of audio quality on presence.

dílem – imerze u her, knih apod. Dotazníky zkoumající imerzi jsou tvořeny poměrně komplexně a pojímají všechny tyto aspekty. Oproti tomu prezence se otázce narace ani herním výzvam či ludickému aspektu primárně nevěnuje – její spjatost s technologií se odráží i ve zkoumaných aspektech, a zaměřuje se tak na pocit přenesení, uvěřitelnost (jak audiovizuální, tak v otázce mapování – viz kapitola 6.1), případně negativní fyziologické efekty. Domníváme se tak, že pro zkoumání vlivu technologie je koncept prezence vhodnější, oproti imerzi, kterou zase považujeme vhodnější pro zkoumání obsahu, jež určitá technologie nabízí. Jedná se však o velmi zobecňující myšlenku, která ale může posloužit jako pomocná úvaha při volbě metodiky výzkumu.

Výše demonstrováné příklady zahrnovaly situaci, kdy jsou rozdíly v kvalitě zvuku evidentní, a i pro laiky dobře představitelné. Ostatně, ve většině prací jsou rozdílné podmínky, při kterých se zkoumá míra imerze či prezence, poměrně dobře uchopitelné – ať se jedná o typ zobrazovacího média, míru interaktivity nebo kvalitu reprodukce. Jiná situace může nastat v případě, kdy nepanuje obecná shoda v otázce, jestli jsou respondenti schopni zkoumanou změnu v kvalitě vnímat. Typickým příkladem může být rozdíl v reprodukci zvuku se vzorkovací frekvencí<sup>170</sup> 44,1 kHz a 48 kHz. Existují dva názorové tábory – jeden tvrdí, že rozdíl je naprosto evidentní, a druhý naopak trvá na tom, že tento rozdíl je z podstaty lidské fyziologie neslyšitelný. Zkoumání lidského prožitku je v takovýchto situacích potenciálně problematické. Pokud si nejsme jisti, zdali jsou respondenti schopni vnímat rozdíly mezi danými ukázkami (v tomto případě by to byly dva zvuky s rozdílnou vzorkovací frekvencí), nemůžeme si být ani jisti, že potenciální změna v prožitku je spojena právě se změnou zvukové kvality, a nikoli jiným – námi neodhaleným faktorem. Výsledky v takovém případě mohou být zavádějící a chybné. Než se tedy pustíme do samotného porovnávání prožitku, měli bychom si být vědomi, co konkrétně je zkoumaný rozdíl a zdali jsme schopni jej vnímat. V případě rozdílných vzorkovacích frekvencí bychom se tak pravděpodobně nejprve zaměřili na schopnost rozdílného vnímání vysokých frekvencí a fázových změn v signálu a teprve následně na vnímání samotného prožitku.

---

<sup>170</sup> Vzorkovací frekvence udává, kolikrát za vteřinu je zaznamenána amplituda zvukové vlny. Podle Nyquist-Shannonovy věty musí být tato hodnota minimálně 2x větší než maximální frekvence zvuku, kterou chceme zaznamenat. Mezi nejčastější vzorkovací frekvence patří 44,1 kHz; 48 kHz; 96 kHz.

Obecně můžeme říct, že vliv zvuku na lidský prožitek audiovizuálního díla je nezpochybnitelný, avšak při jeho zkoumání je potřeba správně uchopit konkrétní problém a dle toho zvolit adekvátní metodologii.

ČÁST 2:

VLIV ZVUKU NA VNÍMÁNÍ  
AUDIOVIZUÁLNÍHO DÍLA



## 4. Úvod k experimentální části

V roce 2012 se udály dvě zdánlivě nesouvisející události, které ale do jisté míry ovlivnily práci se zvukem nejen ve filmovém, ale i herním či hudebním průmyslu. Společnost Dolby Laboratories, Inc. otevřela v červnu v roce 2012 v Los Angeles první kinosál vybavený reprodukcí Dolby Atmos<sup>171</sup>. Shodou okolností v ten samý měsíc, také v Los Angeles na herním veletrhu E3, představil John Carmack ze společnosti ID software nový prototyp brýlí pro virtuální realitu Oculus Rift<sup>172</sup> spolu s podporou prvních her. Co však tyto události spojuje? Dolby svůj nový formát označuje přívlastkem „imerzivní“ – byť tento pojem nijak blíže nespécifikuje, samotná technologie nám může napovědět snahu o zlepšení pocitu obklopení zvukem a jeho přesnější lokalizaci. Důležitým technologickým rozhodnutím, které mělo „imerzi“ napomoci, bylo zahrnutí principů tzv. objektového audia využívaného do té doby především v herní tvorbě. Standardní zvukové formáty pro hudbu či film mají pevně definován počet kanálů, kde je každý přehráván přes konkrétní reproduktor (respektive pole reproduktorů), dnes se označuje jako channel-based audio<sup>173</sup>. V případě objektového audia se pracuje ve 3D souřadnicovém prostoru, v němž jsou jednotlivé zvuky rozmístěny. Teprve až na základě konkrétní reprodukční konfigurace se stanoví překladová matice do reproduktorového pole. Tento fakt uvádí Dolby jako jednu ze zásadních výhod Atmos formátu – jeden mix je možné správně reprodukovat na téměř libovolné konfiguraci reproduktorů<sup>174</sup>.

S uvedením brýlí Oculus Rift do komerčního prodeje v roce 2016 došlo k propojení Dolby Atmos s virtuální realitou díky sadě nástrojů pro zvukovou postprodukci 360° videí<sup>175</sup>, které se staly součástí balíčku Dolby Atmos Production

---

<sup>171</sup> Dolby Atmos. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Dolby\\_Atmos](https://en.wikipedia.org/wiki/Dolby_Atmos).

<sup>172</sup> John Carmack Interview At E3 2012: Oculus Rift Virtual Reality Headset. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=UyuMVazQPos>.

<sup>173</sup> Pojem bychom mohli přeložit do češtiny jako „kanálové audio“ avšak tento termín se v praxi nevyužívá.

<sup>174</sup> Dolby Atmos for content creators. Dostupné z: <https://professional.dolby.com/content-creation/Dolby-Atmos-for-content-creators/>.

<sup>175</sup> 360° videa jsou určena pro virtuální realitu – jsou specifická tím, že se divák může libovolně rozhlížet po scéně. Pro jejich tvorbu se využívá speciálních 360° kamer, nebo sestav několika kamer, ze kterých se skládá výsledné video. Oproti plnohodnotnému interaktivnímu obsahu pro virtuální realitu nabízí pouze možnost rozhlížení se v prostoru bez jakékoliv interakce.

Suite<sup>176</sup>. Tyto nástroje využívaly již existujícího workflow, a zvukoví mistři se tak mohli snadno adaptovat na postprodukci 360° videí, které v té době nabývaly na popularitě a stály na pomezí mezi klasickou audiovizuální tvorbou a plně interaktivními díly.

Důležitým spojovacím článkem mezi Dolby Atmos a virtuální realitou je technologie binaurálního audia, která umožňuje skrze sluchátka reprodukovat pozici zvuku tak, jak bychom jej slyšeli ve skutečnosti (podrobně viz kapitola 5.1). Pro virtuální realitu a její schopnost přenesení uživatele do virtuálního světa je tato technologie zásadní, jelikož podporuje iluzi reality a přináší uživatelům uvěřitelnější zážitek. Oproti tomu systém Dolby Atmos se implementací binaurálního audia pokouší dostat své ideji univerzálního formátu, kdy jeden zvukový mix lze prezentovat na jakémkoliv zařízení – včetně sluchátek, a to beze ztráty prostorové informace<sup>177</sup>.

Ani jedna z výše zmíněných technologií nepředstavuje naprostou novinku – pokusy s virtuální realitou (konkrétně HMD<sup>178</sup> s funkcí head trackingu) existují od 60. let 20. století<sup>179</sup>, objektové audio je nedílnou součástí počítačových her téměř od jejich vzniku a kořeny binaurálního audia se datují k přelomu 19. a 20. století<sup>180</sup>. Teprve v poslední dekádě se díky souhře několika faktorů dostaly do popředí a reprezentují pravděpodobně nejvýraznější změny v prezentaci audiovizuálních děl. Příkladem mohou být prodeje headsetů pro virtuální realitu, které z 5 milionů prodaných kusů v roce 2016 stouply na 68 milionů v roce 2020<sup>181</sup> a činí tak z virtuální reality formát s nezanedbatelnou uživatelskou základnou. Podobně i Dolby Atmos se stává standardem, který je v roce 2021 instalován v několika tisících kinosálech po celém světě<sup>182</sup> a byly v něm smíchány stovky filmů a seriálů<sup>183</sup>. Zároveň se stává preferovaným formátem VOD (video on demand)

---

<sup>176</sup> Dolby Atmos Production Suite (DAPS) je sada softwarových nástrojů určena pro zvukovou tvorbu v Dolby Atmos.

<sup>177</sup> Jedná se o ideální scénář, který však přináší řadu limitací, od spektrálních problémů, přes omezenou funkčnost generických HRTF po absenci head-trackingu – viz kapitola 5.

<sup>178</sup> HMD – Head-Mounted Display – anglický výraz pro VR helmu nebo VR brýle.

<sup>179</sup> How Virtual Reality Works. Dostupné z: <https://electronics.howstuffworks.com/gadgets/other-gadgets/virtual-reality.htm#pt8>.

<sup>180</sup> The History of Binaural Audio, Part 1. Dostupné z: <https://www.linkedin.com/pulse/history-binaural-audio-part-1-anthony-mattana/>.

<sup>181</sup> Sales of virtual reality head-mounted displays worldwide in 2016 and 2020. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/697159/head-mounted-display-unit-sales-worldwide/>.

<sup>182</sup> Dolby Atmos. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Dolby\\_Atmos](https://en.wikipedia.org/wiki/Dolby_Atmos).

<sup>183</sup> Theatrical Releases in Dolby Vision and Dolby Atmos. Dostupné z: <https://professional.dolby.com/cinema/theatrical-releases/>.

streamovacích služeb jako jsou Netflix nebo Amazon Prime Video, které těží z jeho univerzality a schopnosti reprodukce na nejrůznějších zařízeních od plnohodnotného domácího kina po binaurální reprodukci na sluchátka.

V následujících kapitolách se budeme těmito technologiím podrobně věnovat – především v kontextu jejich percepce. Na základě rešerše dosavadních výzkumů stavíme vlastní hypotézy, které ověříme v praktických experimentech, a snažíme se tak vyplnit slepá místa ve výzkumu jednotlivých technologií.

## 5. Binaurální audio a jeho vliv na prezenci

Pojem binaurální audio<sup>184</sup> (často také označováno jako 3D audio) je obecné označení dvoukanálového zvuku, který simuluje prostorové slyšení. Oproti klasické stereofonní<sup>185</sup> reprodukci, která pro pozicování zvuků nejčastěji využívá pouze změny úrovně jejich hlasitosti v levém nebo v pravém kanálu, vytváří binaurální audio sluchový vjem, ve kterém dokáže posluchač lokalizovat zdroj zvuku v 360° poli (vzniká tzv. pocit externalizace). Tohoto efektu lze docílit jak při primárním záznamu (zvuk již při záznamu obsahuje binaurální prostorové informace), tak postprodukčně (binaurální informace je vytvořena později uměle), nebo až při samotné reprodukci (zvuky jsou do prostoru umísťovány v reálném čase na základě metadat nebo jiného systému).

---

<sup>184</sup> Binaurální označuje, že se daný aspekt týká obou uší. V případě, že bychom mluvili pouze o jednom uchu, využívá se termín monaurální.

<sup>185</sup> Stereofonie je obecně označení pro dvoukanálovou reprodukci – tedy i binaurální audio je ve své podstatě stereofonní zvuk. Vzhledem k ustálené profesní terminologii bude práce dále pracovat s pojmem stereo / stereofonní jako s dvoukanálovým zvukem, který nevyužívá principy binaurálního audia.

## 5.1. Principy binaurálního audia

### 5.1.1. Prostorové slyšení

Pro pochopení principů, na kterých je postavené binaurální audio, je třeba malá odbočka k lidské fyziologii – konkrétně k principu lidského prostorového slyšení. Podle současných poznatků je prostorové slyšení výsledkem několika principů, jejichž kombinací jsme schopni s určitou přesností lokalizovat zvuky v prostoru. Mezi tyto principy patří:

- Binaurální vnímání
  - ITD (Interaural Time / Phase Difference) – Časový / fázový posun
  - ILD (Interaural Level Difference) – Rozdíl intenzity
- Monaurální vnímání
  - Spektrální složení zvuku – (HRTF<sup>186</sup>)
- Pohyb hlavy
- Vliv akustiky prostoru

Princip binaurálního vnímání je postaven na faktu, že jsme schopni slyšet a zpracovávat zvukový vjem oběma ušima. V případě, že se zvuk nenachází přímo před námi (resp. v rovině, která imaginárně rozděluje naše tělo na levou a pravou stranu), dopadá zvuk do každého ucha v různém čase a s různou intenzitou. Tyto rozdíly jsou zpracovány v našem mozku, který je schopen určit ze kterého směru se zvuk ozývá (viz Obrázek 14). Pro zvuky s frekvencí přibližně 200 Hz až 1,5 kHz<sup>187</sup> se uplatňuje především fázový posun a pro vyšší frekvence (přibližně od 1 kHz a výš) se uplatňuje intenzitní rozdíl. Hraniční frekvence 1,5 kHz pro fázový posun nebyla zvolena náhodou – při této frekvenci je vlnová délka zvuku 22 cm, což přibližně odpovídá vzdálenosti lidských uší. Pokud zvuk o frekvenci 1,5 kHz a vyšší dopadá přímo do lidského ucha (zdroj je po levém nebo pravém boku posluchače), začíná být jeho vlnová délka kratší, než je průměr lidské hlavy. Vnímání fázových rozdílů se tak stává problematickým a pro tyto vyšší frekvence

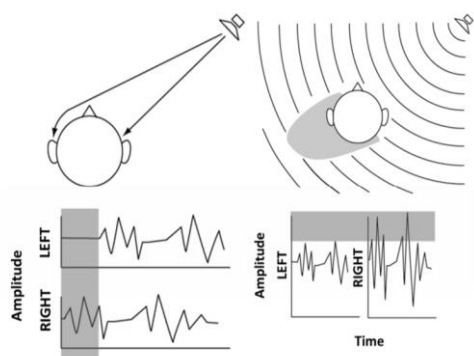
---

<sup>186</sup> HRTF je zkratka pro Head-Related Transfer Function – v českém překladu přenosová hlavová funkce.

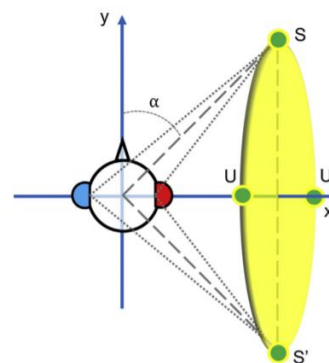
<sup>187</sup> Tato hranice je pouze orientační a je závislá na charakteru zdrojového signálu, jeho pozici i velikosti konkrétní lidské hlavy.

se začíná uplatňovat vliv stínu hlavy, kdy na odlehlejší stranu dopadá zvuk v menší intenzitě<sup>188</sup>.

Tyto dva principy však mají určitá omezení – fungují primárně pro orientaci v rovině, ale nelze takto lokalizovat zdroj zvuku v vertikálním směru. Ovšem ani při lokalizaci v horizontální rovině nefungují stoprocentně vzhledem k problematické předozadní lokalizaci – na základě těchto principů nelze totiž rozlišit, zdali se zvuk nachází před, nebo za posluchačem – intenzitní i časové rozdíly jsou v obou případech stejné. Pouze v případě, že zvuk přichází přímo zprava nebo přímo zleva, jej můžeme s určitostí lokalizovat, ve všech ostatních případech existují vždy dvě možnosti, kde se může zvuk nacházet – tento jev se v angličtině označuje jako „Cone of confusion“ (viz Obrázek 15).



Obrázek 14 Znárodnění fázových a intenzitních změn<sup>189</sup>



Obrázek 15 Cone of confusion<sup>190</sup>

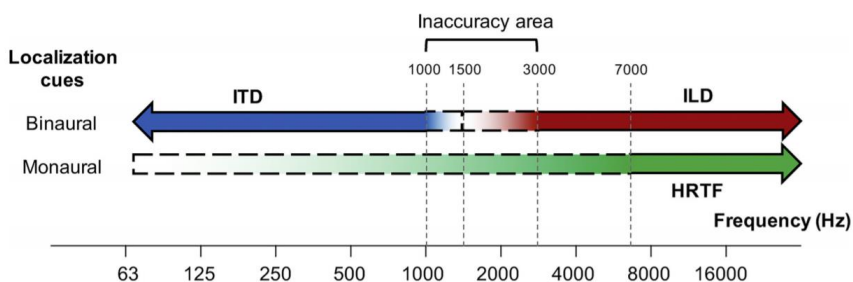
Monaurální princip, kdy je ke zpracování prostorové informace potřeba pouze jedno ucho, je založen na vnímání spektrálního složení zvuku – v angličtině označováno jako Spectral Monaural Cues. Jeho princip spočívá v tom, že než zvuk dopadne na ušní bubínek, je po své cestě výrazně proměněn – tvar lidského trupu, hlavy, a především ušního boltce ovlivňují jeho frekvenční složení (vlivem odrazů, ohybů a pohlcení zvukových vln). Vzhledem k složitému a asymetrickému tvaru ušního boltce dochází při dopadu z různých úhlů k rozdílnému frekvenčnímu zkruslení (zdroj zvuku zpoza hlavy bude mít na konci své cesty jiné spektrum než

<sup>188</sup> Na nižších frekvencích je tento efekt zanedbatelný, jelikož velikost hlavy není vůči vlnové délce adekvátní překážka.

<sup>189</sup> ZHONG, Xuan, William YOST a Liang SUN. Dynamic binaural sound source localization with ITD cues.

<sup>190</sup> RISOU, M., J.-N. HANSON, F. GAUVRIT, C. RENARD, P.-E. LEMESRE, N.-X. BONNE a C. VINCENT. Sound source localization.

ten, který dopadá přímo do ucha), a lidský mozek je tak schopen na základě frekvenčního složení určit polohu zdroje zvuku. Této frekvenční změně se říká přenosová hlavová funkce, v angličtině označována jako HRTF a je unikátní pro každého člověka. Vnímání těchto frekvenčních změn není vrozené, ale jedná se o mechanismus, kdy si náš mozek konkrétní zvuky a jejich spektrální složení spojí s vizuálním vjemem, takže se prakticky od narození tyto změny podvědomě učíme vnímat. I tento princip má svá omezení – vzhledem k poměrně malým rozměrům lidského ucha, se frekvenční změny nejlépe projevují na vysokých frekvencích (zvuk by měl v ideálním případě obsahovat složky nad 7 kHz). Pro komplexnější spektra tento princip funguje lépe, jelikož změny se aplikují na širší frekvenční oblast<sup>191</sup>. Kombinací monaurálního vnímání (přenosová hlavová funkce) a binaurálního vnímání (fázové a intenzitní změny) jsme schopni lokalizovat zvuky různých charakterů a frekvencí, byť může v pásmu od 1 kHz do 3 kHz docházet k určitým nepřesnostem (viz Obrázek 16), jelikož pro HRTF jsou tyto frekvence poměrně nízké, a naopak pro ITD a ILD se jedná o hraniční oblasti.



Obrázek 16 Lokalizace zvuku a zapojení jednotlivých principů vnímání<sup>192</sup>

Dalším principem, který pomáhá s lokalizací, jsou vědomé i nevědomé pohyby hlavy. V případě, že mírně pootočíme hlavou, dojde jednak k frekvenční změně zdrojového zvuku vlivem HRTF, ale také ke změně úhlů, pod kterými zvuk dopadá do lidského ucha. Tím omezíme vliv chyby (cone of confusion) v předozadní lokalizaci, jelikož mozek získá více informací, ze kterých může přesněji odvodit pozici zvuku v prostoru. V přírodě můžeme tento jev vidět např. u koček, které však neotáčí celou hlavou, ale pouze ušima, aby lépe určily směr zdroje zvuku.

<sup>191</sup> Faktor komplexnosti zvuku platí i pro binaurální vnímání, jelikož v případě komplexního zvuku mohou být uplatněny jak fázové, tak intenzitní změny, než když se bude jednat pouze o zvuk složený z vysokých či nízkých frekvencí.

<sup>192</sup> RISOU, M., J.-N. HANSON, F. GAUVRIT, C. RENARD, P.-E. LEMESRE, N.-X. BONNE a C. VINCENT. Sound source localization.

K lokalizaci zvuku nám může pomoci (nebo ji naopak znesnadnit) také prostorová akustika. V případě uzavřených prostor nám k určení pozice pomáhá dozvuk místnosti, kdy z prvních odrazů a poměru přímých a odražených vln můžeme odhadnout vzdálenost a pozici zvuku. V exteriérech pak může lokalizaci ovlivnit ozvěna, která však často působí negativně a lokalizaci znesnadňuje.



### 5.1.2. Tvorba binaurálního audia

Binaurální audio vzniká aplikací časových / fázových a intenzitních změn a přenosové hlavové funkce při záznamu, postprodukcí či reprodukci zvukové nahrávky. Jelikož binaurální audio již obsahuje prostorové informace, je potřeba jej reprodukovat takovým způsobem, aby se k nim nepřidávaly další prostorové informace vzniklé reprodukcí v akustickém prostředí. Toho lze docílit poslechem skrze sluchátka<sup>193</sup>, která eliminují jak fázové, tak intenzitní a frekvenční změny, které vznikají, když je zdroj zvuku umístěn v reálném prostoru. Součástí může být také možnost sledování pohybu hlavy (head-tracking) nebo využití dozvukových procesorů pro zpřesnění lokalizace zvuku. Pro vytvoření binaurálního audia existují tři možnosti:

- **Vytvoření binaurálního záznamu** – již při natáčení zvuku simulujeme lidské slyšení – nejčastěji se pro tento účel využívá umělé hlavy (tzv. dummy head) s mikrofony umístěnými v uších – mezi nejznámější patří model Neumann KU100 (viz Obrázek 17). V současnosti se můžeme často setkat s binaurálními mikrofony od společnosti 3Dio (viz Obrázek 18) – např. v souvislosti s fenoménem ASMR<sup>194</sup>. Pokud vytvoříme záznam binaurálně, nelze již dále využít head-trackingu nebo dodatečných úprav binaurálního obrazu, jelikož všechny informace jsou již pevně zakódované v nahrávce<sup>195</sup>.
- **Vytvoření v postprodukcí** – na jednotlivé (nejčastěji) monofonní zvuky můžeme v procesu postprodukce aplikovat přenosovou hlavovou funkci (HRTF) a úpravy, které dokážou simulovat fázové a intenzitní změny. Oproti binaurálnímu záznamu nabízí širší možnosti práce se zvukem a možnost libovolně umísťovat zvuky v prostoru. Pro tyto potřeby existuje řada

---

<sup>193</sup> Ideální jsou tzv. in-ear sluchátka, která se vkládají přímo do ucha a eliminují tak vliv tvaru ušního boltce, který může hrát určitou roli při použití sluchátek, která se přikládají přes uši.

<sup>194</sup> ASMR – Autonomní sensorická meridiánová reakce. Jedná se o subjektivní zážitek „euforie nízkého stupně“ charakterizovaný „kombinací pozitivních pocitů a výrazným pocitem mravenčení na pokožce“. Tento zážitek se snaží navodit tzv. ASMR videa, pomocí specifických zvuků (šeptání, šustění papíru, apod), zaznamenaných binaurálním způsobem, aby v posluchači navodili pocit, jako by zvuk slyšel téměř u svého ucha.

<sup>195</sup> Častou chybou je předpoklad využití binaurálních nahrávek pro virtuální realitu. Jelikož je při pořízení binaurální nahrávky dáno, ze kterého směru zvuky přicházejí, je krajně problematické propojit tyto nahrávky s možností otáčení se v prostoru.

softwarů, které se liší především svou komplexností – od jednoduchých, které pouze umístí zvuk v 360° poli – např. *Binauralizer*<sup>196</sup> od společnosti Noise Makers, po složitější, které umí simulovat vzdálenost zdroje zvuku spolu s vlivem akustiky prostředí – např. *DearVR*<sup>197</sup> od společnosti Dear Reality.

- **Vytvoření při reprodukci** – aplikace HRTF probíhá v reálném čase při reprodukování zvuku. K tomu je však potřeba disponovat buďto záznamem, který obsahuje informace o pozicích zvuků v čase – ať se jedná o metadata se souřadnicemi objektů nebo pouhé informace o konfiguraci kanálů<sup>198</sup>. Druhá možnost je získávat souřadnice v reálném čase – např. z polohy objektů v herních enginech. Na základě těchto dat je pak aplikována HRTF spolu s fázovými a intenzitními změnami.



Obrázek 17 Umělá hlava Neumann KU100<sup>199</sup>



Obrázek 18 Mikrofon Free Space od společnosti 3Dio<sup>200</sup>

Důležitým faktorem v celém řetězci je, jakým způsobem lze pro potřeby tvorby binaurálního zvuku získat přenosovou funkci, která je ale pro každého z nás unikátní. Vzhledem k poměrně náročnému procesu získání HRTF (viz níže), se v naprosté většině případů využívá tzv. generických funkcí, jež byly získány za pomoci umělých hlav (např. Neumann KU100). V zásadě existují dva základní přístupy:

<sup>196</sup> Binauralizer. Dostupné z: <https://www.noisemakers.fr/binauralizer/>.

<sup>197</sup> DearVR PRO. Dostupné z: <https://www.dear-reality.com/products/dearvr-pro>.

<sup>198</sup> Tohoto využívá spatial audio od společnosti Apple, které umísťuje do prostoru jednotlivé stopy z 5.1 mixu.

<sup>199</sup> NEUMANN. Dostupné z: <https://en-de.neumann.com/ku-100>.

<sup>200</sup> 3Dio Free Space Binaural Microphone. Dostupné z: <https://3diosound.com/products/free-space-binaural-microphone>.

- **Měření** – za pomoci umělé hlavy se v bezdozvukové komoře (viz Obrázek 19) zaznamenají impulsní odezvy<sup>201</sup> v daných úhlech (např. s rozlišením 2°), které se následně aplikují podle konkrétní pozice zvuku v prostoru. Nevýhodou je, že se HRTF měří nejčastěji podle umělých modelů hlavy, které pro někoho mohou poskytovat téměř dokonalý vjem, ale pro někoho nemusí fungovat vůbec. Řada studií poukazuje na fakt, že generické přenosové funkce nepřinášejí tak dokonalý binaurální vjem a ovlivňují kvalitu lokalizace<sup>202,203</sup>. Existuje samozřejmě možnost umístit do komory místo umělé hlavy konkrétního člověka a změřit personalizovanou HRTF, avšak vzhledem k časové náročnosti se jedná se spíše o případy spojené s výzkumnou činností. Zároveň je použití personalizovaných HRTF odkázáno pouze na situace, kdy si je může zvolit sám uživatel – tedy při jejich aplikaci v reprodukci.
- **Algoritmicky** – přenosová funkce není změřena, ale vypočítána. Může se jednat o ryzí výpočet nebo určitý hybridní způsob – přenosová funkce může být změřena v menším počtu úhlů a zbytek je dopočítán<sup>204</sup> nebo lze výpočty provádět na základě 3D modelů (např. společnost Genelec nabízí službu, kdy na základě dodaných fotografií, vytvoří 3D model hlavy a vypočítá personalizovanou HRTF<sup>205</sup>.)



Obrázek 19 Měření HRTF v bezdozvukové komoře<sup>206</sup>

<sup>201</sup> Impulsní odezva je akustická odezva na Diracův jednotkový impuls.

<sup>202</sup> POIRIER-QUINOT, David a Brian KATZ. Impact of HRTF individualization on player performance in a VR shooter game I.

<sup>203</sup> BEN-HUR, Zamir, David ALON, Philip ROBINSON a Ravish MEHRA. Localization of Virtual Sounds Using Sparse HRTFs.

<sup>204</sup> Tamtéž.

<sup>205</sup> Aural ID. Dostupné z: <https://www.genelec.com/aural-id>.

<sup>206</sup> POLLOW, Martin, Bruno MASIERO, Pascal DIETRICH, Janina FELS a Michael VORLÄNDER. Fast measurement system for spatially continuous individual HRTFs.

### 5.1.3. Transaurální audio

Kromě obecně preferované reprodukce binaurálního audia pomocí sluchátek existuje také možnost reprodukce skrze reproduktory – tzv. transaurální poslech<sup>207</sup>. Základní myšlenkou je princip eliminace přeslechu (tzv. cross-talk cancellation), která na základě fázových úprav signálů částečně eliminuje přeslech z reproduktorů při dopadu do uší posluchače. Při stereo poslechu vnímáme zvuk z reproduktorů oběma ušima (zvuk z každého reproduktoru dopadá do obou uší a pomocí fázových a intenzitních změn jej lokalizujeme). Pomocí fázových změn (podobně jako u sluchátek na potlačení šumu) je možné tyto přeslechy potlačit, takže zvuk z levého / pravého reproduktoru vnímáme pouze levým / pravým uchem. Aby byla iluze dokonalá, je možné aplikovat tzv. invertovanou přenosovou hlavovou funkci, která se při dopadu do ucha posluchače vyruší s jeho přenosovou hlavovou funkcí<sup>208,209</sup>. Největší výhodou transaurálního poslechu je vytvoření velice širokého zvukového pole, takže při poslechu můžeme získat pocit, že zvuk slyšíme všude kolem nás. Transaurální poslech má však několik limitů – patrně největším jsou velice výrazné změny v barvě zvuku, který ztrácí svou plnost a původní charakter. Druhým je specifická pozice reproduktorů, které pro ideální funkci poslechu musí být velice blízko u sebe a na posluchače mířit téměř rovnoběžně. Problematiku transaurálního poslechu dále rozvíjí Ralph Glasgal, který tuto ideu rozšířil o možnost čtyřkanálového poslechu a tento systém nazývá ambiofoníí<sup>210</sup>.

---

<sup>207</sup> Transaural. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Transaural>.

<sup>208</sup> BOLLEBON, Jacob, Eric HAMDAN a Filippo FAZI. A Comparison Of The Performance Of HRTF Models In Inverse Filter Design For Crosstalk Cancellation.

<sup>209</sup> Aplikace invertované HRTF není pravidlem při transaurálním poslechu, většinou se využívá pouze eliminace přeslechu.

<sup>210</sup> *Ambiophonics* [online]. Dostupné z: <https://www.ambiophonics.org/>.

## 5.2. Vývoj binaurálního audia

Podle textu Nicholase J. Wadea a Diany Deutschové<sup>211</sup> se první použití termínu „binaurální“ datuje do roku 1861, kdy jej ve svém článku *The physical examination of the chest in pulmonary consumption and its intercurrent diseases* použil doktor Somerville Scott Allison<sup>212</sup>. Tento pojem se zde neobjevuje náhodou, Allison byl zároveň vynálezce lékařského stetoskopu, od kterého již můžeme najít určitou paralelu k binaurálnímu poslechu. Prvního reálného využití se však binaurální audio dočkalo o dvacet let později, kdy byl uskutečněn přenos zvuku z dvou mikrofonů umístěných v Pařížské opeře do přibližně 2 km vzdálené Paris Electric Exhibition<sup>213</sup>.

Principu binaurálního slyšení se využívalo také během první světové války pro lokalizaci letadel či ponorek. Pro tyto účely se využívalo dvou akustických přijímačů (hydrofonů v případě ponorek), které byly trubkovými vlnovody propojeny s operátorem, který poslouchal, zdali se neblíží nepřátelské letadlo či ponorka<sup>214,215</sup>.

V roce 1933 na světové výstavě v Chicagu prezentoval Harvey Fletcher z Bell Laboratories umělou figurínu „Oskar“, na které prováděli pokusy s binaurálním zvukem. Ve 30. letech 20. století představila společnost Philips v Evropě dvě „umělé hlavy“ – jedna byla koule o průměru 22 cm se zabudovanými mikrofony a druhá model ženské hlavy<sup>216</sup>. Vývoj binaurálního zvuku se v následujících dekádách nijak zásadně neproměnil a těžil spíše z obecného vývoje zvukových technologií. V roce 1963 vznikla studie *An Artificial Head*, která implementovala do umělé hlavy nejen tvar vnějšího ucha, ale také tvar a vliv zvukovodu<sup>217</sup>.

Určitý zlom nastal v 70. letech, kdy vznikla první referenční umělá hlava KEMAR<sup>218</sup>, jejíž HRTF se využívají dodnes. Zároveň společnost Neumann uvedla

---

<sup>211</sup> WADE, Nicholas a Diana DEUTSCH. Binaural Hearing—Before and After the Stethophone.

<sup>212</sup> ALISON, Somerville Scott. *The Physical Examination of the Chest in Pulmonary Consumption and Its Intercurrent Diseases*.

<sup>213</sup> *The Telephone at the Paris Opera (1881)*. Dostupné z: <http://earlyradiohistory.us/1881opr.htm>.

<sup>214</sup> JOHNSON, Don a Dan DUDGEON. *Array Signal Processing: Concepts and Techniques*.

<sup>215</sup> LAMSON, Horatio W. *THE USE OF SOUND IN NAVIGATION*.

<sup>216</sup> PAUL, Stephan. *Binaural Recording Technology*, s. 770.

<sup>217</sup> NORDLUND, B. a G. LIDÉN. *An Artificial Head*.

<sup>218</sup> *Kemar.us* [online]. Dostupné z: <http://kemar.us/>.

první komerčně dostupnou hlavu KU 80, a s tím tak začaly vznikat první komerční binaurální nahrávky. V roce 1978 natočil Lou Reed album *Street Hassle*<sup>219</sup>, což bylo první album nahrané v binaurálním zvuku. Ve stejném roce BBC uvedla rozhlasovou hru *The Revenge*, která byla ve své třicetiminutové stopáži bez jakéhokoliv dialogu kompletně prezentována v binaurálním formátu<sup>220</sup>. Od sedmdesátých let až do konce tisíciletí se binaurální audio ustálilo jako jeden ze způsobů zvukové prezentace (byť velmi okrajový), využívalo se v rozhlasových hrách, filmech, počítačových hrách nebo různých site-specific atrakcích.

V současnosti je binaurální reprodukce jednou z klíčových technologií virtuální reality, což jí přineslo další pozornost vědecké i širší veřejnosti. Zároveň je dnes reprodukce zvuku přes sluchátka díky mobilním technologiím a životnímu stylu velmi populární a binaurální audio je jedna z možností, jak poslech udělat pro zákazníky atraktivnějším. Spolu s technologickým rozvojem a možností vytvářet nahrávky postprodukčně, se tak z binaurálního audia stává svébytný formát, který nejen že vytváří iluzi prostorového slyšení, ale také přináší zážitky, které by v běžném stereofonním formátu zdaleka tak dobře nefungovaly. Jako příklad můžeme uvést hru *Hellblade: Senua's Sacrifice* (Ninja Theory, 2017), která pomocí binaurálního zvuku simulovala hlasy uvnitř hlavy hráčova avatara, nebo českou audiohru *Důkaz 111* (PlayByEars, 2020), která vytvořila reálný svět bez jakéhokoliv vizuálního podkladu, pouze za pomoci prostorového zvuku.

---

<sup>219</sup> Street Hassle. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Street\\_Hassle](https://en.wikipedia.org/wiki/Street_Hassle).

<sup>220</sup> The Revenge. Dostupné z: <https://www.bbc.co.uk/mediacentre/proginfo/2016/07/the-revenge>.

### 5.3. Dosavadní výzkum

Velká část výzkumů zabývajících se problematikou binaurálního audia se zaměřuje především na technologické aspekty – z nedávné doby můžeme uvést výzkumnou práci Dominika Štorka, která se zabývala otázkou zvukových artefaktů při využití přenosové funkce<sup>221</sup>, výzkum Rahulrama Sridhara, který zkoumal možnosti tvorby personalizovaných HRTF na základě 3D skenů hlavy<sup>222</sup>, nebo práci Floriana Völka, který testoval jak samotná sluchátka ovlivňují kvalitu binaurální reprodukce<sup>223</sup> (konkrétně se zaměřoval na fázová a amplitudová zkreslení).

V posledních letech se však výzkumy zaměřily také na problematiku percepce binaurálního zvuku. Zamir Ben-Hur ve své práci potvrdil výrazný rozdíl v přesnosti individuálních HRTF oproti generickým v horizontální i vertikální rovině<sup>224</sup>. Matthew G. Wisniewski také porovnával individuální a generické HRTF, avšak nezaměřoval se na přesnost lokalizace, ale rozdílnost vnímání. Pro svůj experiment využil měření pomocí elektroencefalografie (EEG) a měřil hodnotu kognitivního evokovaného potenciálu (ERP). Zjistil, že v případě využití individualizovaných HRTF docházelo u respondentů při lokalizaci – především ve vertikální rovině – k vyšší citlivosti vnímání pozice zvuku<sup>225</sup>.

Výzkum binaurálního zvuku v kontextu imerze či prezence je pole poměrně neprobádané. V roce 2020 byla na 148<sup>th</sup> AES Convention prezentována studie od Alice Fosterové<sup>226</sup>, která porovnávala preferenci binaurálního zvuku oproti stereo a mono formátu. Studie probíhala online formou slepého poslechového A-B testu. Respondenti byli rozděleni do skupin nezkušených a zkušených posluchačů (jako zkušení posluchači byli označeni ti, kteří měli předešlou zkušenost s binaurálním poslechem). Test probíhal na dvou audiovizuálních a čtyřech zvukových ukázkách

---

<sup>221</sup> ŠTOREK, Dominik, Jaroslav BOUŠE, František RUND a Petr MARŠÁLEK. Artifact Reduction in Positioning Algorithm Using Differential HRTF.

<sup>222</sup> SRIDHAR, Rahulram a Edgar CHOUÉIRI. A method for efficiently calculating head-related transfer functions directly from head scan point clouds.

<sup>223</sup> VÖLK, Florian, Jörg ENCKE, Jasmin KREH a Werner HEMMERT. Relevance of Headphone Characteristics in Binaural Listening Experiments: A Case Study.

<sup>224</sup> BEN-HUR, Zamir, David ALON, Philip ROBINSON a Ravish MEHRA. Localization of Virtual Sounds Using Sparse HRTFs.

<sup>225</sup> WISNIEWSKI, Matthew, Griffin ROMIGH, Stephanie KENZIG, Nandini IYER, Brian SIMPSON, Eric THOMPSON a Clayton ROTHWELL. Enhanced auditory spatial performance using individualized head-related transfer functions.

<sup>226</sup> FOSTER, Alice, Chris PIKE a Jon FRANCOMBE. A Mixed-Methods Evaluation of Preferences Between Binaural and Stereo Broadcast Audio with Experienced and Inexperienced Listeners.

(z toho jedna byla prezentována v mono formátu) Pouze v případě čistě zvukové monofonní ukázky existoval u obou skupin statistický rozdíl v preferenci ve prospěch binaurální reprodukce ( $p = 0,006^{227}$  ve skupině zkušených posluchačů a  $p = 0,033$  ve skupině nezkušených posluchačů) a v případě jedné zvukové stereo ukázky existoval statisticky významný rozdíl u zkušených posluchačů ( $p = 0,044$ ) také ve prospěch binaurálního formátu. V ostatních případech nebyly rozdíly v preferenci formátů statisticky signifikantní.

Na stejné konferenci byl také prezentován příspěvek od Andrea de Sotgiua<sup>228</sup>, který porovnával pocit prezenze binaurálního a stereo formátu při poslechu hudby. Respondenti byli rozděleni do dvou testovacích skupin – jedna hodnotila stereo nahrávku, druhá nahrávku binaurální. Pro vyhodnocení byl využit dotazník ITC-SOPI<sup>229</sup>. Výsledky neprokázaly rozdíl v pocitu prezenze mezi těmito formáty, avšak jak sám autor poukazuje, vzorek respondentů byl příliš malý na ucelené závěry (studie se zúčastnilo 8 respondentů)<sup>230</sup>. Nabízí se také otázka nad metodikou této studie, jelikož binaurální mix hudby byl vytvořen za pomoci ambisonického formátu prvního řádu, který disponuje velice malou přesností lokalizace, což může mít za následek znehodnocení prostorového efektu binaurální reprodukce.

Pravděpodobně nejzajímavější prací na téma binaurálního audia a imerze je výzkum Michele Geronazzové *Creating an Audio Story with Interactive Binaural Rendering in Virtual Reality* z roku 2019<sup>231</sup>, který se věnoval otázce vlivu binaurálního audia na imerzi při poslechu audioknihy<sup>232</sup>. Na třech skupinách respondentů (vždy po deseti) porovnávala nahrávku v jednobanálovém mono formátu, binaurální nahrávku a speciální interaktivní nahrávku využívající interakce a head-tracking (pozice zvuku reagovala na otáčení hlavy posluchače). Imerzi měřila za pomoci IMX dotazníku<sup>233</sup> a měřením srdečního tepu. Dotazníkové

---

<sup>227</sup> p-hodnota; význam p-hodnoty je vysvětlen v kapitole 5.4.3 spolu s ostatními statistickými veličinami.

<sup>228</sup> SOTGIU, Andrea, Mauro COCCOLI a Gianni VERCELLI. Comparing the perception of 'sense of presence' between a stereo mix and a binaural mix in immersive music.

<sup>229</sup> LESSITER, Jane, Jonathan FREEMAN, Edmund KEOGH a Jules DAVIDOFF. A Cross-Media Presence Questionnaire.

<sup>230</sup> SOTGIU, Andrea, Mauro COCCOLI a Gianni VERCELLI. Comparing the perception of 'sense of presence' between a stereo mix and a binaural mix in immersive music, s. 4.

<sup>231</sup> GERONAZZO, Michele, Amalie ROSENKVIST, David ERIKSEN, Camilla MARKMANN-HANSEN, Jeppe KØHLERT, Miicha VALIMAA, Mikkel VITTRUP a Stefania SERAFIN. Creating an Audio Story with Interactive Binaural Rendering in Virtual Reality.

<sup>232</sup> V experimentu se nejedná o audioknihy ve smyslu pouze mluveného slova, ale zvukového příběhu obsahujícího jak mluvené slovo, tak ruchy a hudbu.

<sup>233</sup> CURRAN, Noirin. *The psychology of immersion and development of a quantitative measure of immersive response in games.*



šetření ukázalo statisticky významné rozdíly při porovnání mono reprodukce s interaktivním prostředím ( $p = 0,03$ ) a binaurální reprodukce s interaktivním prostředím ( $p = 0,02$ ). Mezi mono a binaurální reprodukcí (bez interaktivního prostředí) se statisticky významný rozdíl v imerzi neprokázal ( $p = 0,45$ ). V případě srdečního tepu se rozdíly neprokázaly ani v jednom z porovnávaných případů<sup>234</sup>. Je však otázkou na kolik se na výsledcích tohoto experimentu skutečně projevil vliv binaurální reprodukce a do jaké míry je za zvýšenou mírou imerze zodpovědná funkce head-tracking, která sama o sobě přidává posluchačům větší pocit vtažení do virtuálního prostředí.

Odlišný přístup zvolila studie Nicol Rozenové z roku 2019<sup>235</sup>, která pro zkoumání vlivu binaurálního poslechu využívala diagnostickou metodu měření elektroencefalografie (EEG). Výzkum byl založen na pozorování vlny P300 za použití metody „oddball“ paradigmatu<sup>236</sup>, kdy v průběhu testu byli respondenti „vyrušováni“ zvuky v binaurálním nebo stereo formátu. Výsledky ukázaly, že v případě vyrušení respondenta reprodukcí v binaurálním formátu došlo k delšímu reakčnímu času a výraznějšímu narušení vlny P300 než v případě reprodukce v klasickém stereu. Rozenová tyto výsledky vnímá jako možný základ pro další objektivní zkoumání imerzivních vlastností binaurální reprodukce<sup>237</sup>.

---

<sup>234</sup> Tyto výsledky poukazují na problematiku, zdali jsou fyziologická měření ukazateli konceptů prožitku, jelikož jejich korelace se subjektivním testováním je často diskutabilní.

<sup>235</sup> ROZENN, Nicol, Olivier DUFOR, Laetitia GROS, Pascal RUEFF a Nicolas FARRUGIA. EEG measurement of binaural sound immersion.

<sup>236</sup> Odball paradigm je experimentální metoda, kdy jsou respondentům prezentovány dva zvuky (obrazy), kdy jeden je terčový (targetový) a druhý standardní v poměru 1:5. V případě, že uslyší (uvidí) terčový prvek je instruován ke stisknutí tlačítka. Tímto způsobem je možno jednak měřit reakční dobu a zároveň sledovat výskyt vlny P300.

<sup>237</sup> Tamtéž, s. 77.

## 5.4. Vlastní výzkum

### 5.4.1. Hypotézy

V kapitole 5.1 jsme popisovali principy binaurálního audia. Za jeho hlavní devizu můžeme označit jeho schopnost iluze prostorového slyšení. V kontextu vnímání nás tedy primárně mohou zajímat otázky související s přesností lokalizace a přidružených dílčích aspektů, což však již poměrně detailně popisuje řada studií (viz kapitola 5.3). Neméně zajímavé je však zkoumání faktu, jak tento zvukový vjem působí na naše prožívání. Dosavadní výzkumy totiž ukazují v této otázce nejednoznačné výsledky – na jedné straně EEG měření prokázalo, že binaurální audio vnímáme odlišným způsobem od klasického stereofonního poslechu<sup>238</sup>, avšak při porovnání preference obou formátů nebyl ve většině případů prokázán statisticky významný rozdíl<sup>239</sup>, stejně jako při porovnání prezenze hudebních nahrávek<sup>240</sup> či imerze u komplexní zvukové složky<sup>241</sup>.

Povaha samotného formátu nedodává oproti klasické stereofonii automaticky žádnou přidanou hodnotu pro narativní ani interaktivní složku (zvuky slyšíme stále všechny, avšak umístěny ve virtuálním prostoru). Můžeme však konstatovat, že přináší přidanou hodnotu sensorické složce imerze – resp. podle Steuerova rozdělení prezenze přináší větší hloubku daného vjemu (viz Obrázek 4, str. 27). Z tohoto důvodu považujeme za nejrelevantnější zkoumat vnímání binaurálního poslechu v kontextu prezenze. Předpokládáme, že binaurální reprodukce bude posluchačům nabízet větší pocit prezenze oproti klasické stereofonní reprodukci, vzhledem k většímu potenciálu pro vytvoření virtuálního zvukového světa tak, jak jej známe ze skutečnosti. S přihlédnutím k faktu, že binaurální reprodukce není způsob poslechu, se kterou by se běžní posluchači dennodenně setkávali, rozhodli jsme se experiment provést pouze se zkušenými posluchači (studenty katedry

---

<sup>238</sup> ROZENN, Nicol, Olivier DUFOR, Laetitia GROS, Pascal RUEFF a Nicolas FARRUGIA. EEG measurement of binaural sound immersion.

<sup>239</sup> FOSTER, Alice, Chris PIKE a Jon FRANCOMBE. A Mixed-Methods Evaluation of Preferences Between Binaural and Stereo Broadcast Audio with Experienced and Inexperienced Listeners.

<sup>240</sup> SOTGIU, Andrea, Mauro COCCOLI a Gianni VERCELLI. Comparing the perception of 'sense of presence' between a stereo mix and a binaural mix in immersive music.

<sup>241</sup> GERONAZZO, Michele, Amalie ROSENKVIK, David ERIKSEN, Camilla MARKMANN-HANSEN, Jeppe KØHLERT, Miicha VALIMAA, Mikkel VITTRUP a Stefania SERAFIN. Creating an Audio Story with Interactive Binaural Rendering in Virtual Reality.

zvukové tvorby FAMU a zvukovými mistry), kteří by měli být schopni si případné odlišnosti lépe uvědomovat<sup>242</sup>. Testování dalších skupin posluchačů může být předmětem případného budoucího zkoumání. Hypotéza ( $H_1$ ) pro tento experiment tedy je:

$H_1$ : U zkušených posluchačů způsobuje binaurální reprodukce větší pocit prezence než reprodukce stereofonní.

---

<sup>242</sup> Tato domněnka není obecně platná, a i když nám v pomohla v úvodní fázi vydefinovat cílovou skupinu respondentů, tak kapitola 7 ukazuje, že rozdíly mezi zkušenými a nezkušenými posluchači mohou být menší, než si ve skutečnosti myslíme.

#### 5.4.2. Metody

Při plánování experimentu bylo potřeba zodpovědět několik základních otázek. Tou pravděpodobně nejzásadnější byla metodika testování. Optimální volbou pro porovnání dvou vzorků často bývá slepý A-B test, který je však náchylný na délku prezentovaného materiálu (délka ukázek nesmí být příliš dlouhá, aby je respondenti mohli udržet co nejméně zkreslené v paměti při jejich následném porovnání). Při zkoumání prezenze může být takový časový úsek nepřiměřeně krátký pro získání relevantních dat. Z tohoto důvodu byly respondentům prezentovány ukázky pouze v jednom formátu a porovnávali jsme mezi sebou dvě skupiny respondentů – skupinu A, které byly prezentovány vzorky ve stereofonním formátu, a skupinu B, která měla vzorky v binaurálním formátu. Pro samotné zkoumání míry prezenze jsme zvolili dotazníkové šetření – konkrétně dotazník IPQ<sup>243</sup>. Ten byl zvolen na základě jím zkoumaných komponent, tedy pocitu přenesení do virtuálního prostoru, prostorové prezenze a realismu, u kterých lze z povahy binaurální reprodukce očekávat rozdílné vnímání respondentů.

Výzkum jsme zrealizovali v červnu a červenci 2021 s celkem 32 respondenty (26 mužů a 6 žen). Jednalo se o profesionální zvukové mistry či studenty zvukové tvorby FAMU. Respondenti byli náhodně rozděleni do dvou skupin a byly jim prezentovány dvě ukázky. První ukázkou byla dvouminutová zvuková koláž s názvem *Cancel* sestávající se z ruchů, hudby a mluveného slova, ve které slyšíme postavu procházet hlučným městem, aby si na konci procházky pořídila sluchátka s potlačením okolního hluku a začala poslouchat hudbu. Ukázka byla původně vytvořena Annou Žihlovou jako oborová práce na Katedře zvukové tvorby FAMU v roce 2020. Jako druhá ukázka byl použit výňatek z audiohry *Důkaz 111* (přibližně 7 minut dlouhý), ve kterém se hráč nacházel uvnitř tajemného sklepení a pokoušel se najít ztracené dítě. Tato ukázka kromě samotného poslechu nabízela interaktivní prvek v podobě možnosti se v určitých bodech rozhodnout, jakým směrem se bude příběh dále odvíjet. Toto rozhodnutí respondenti prováděli za pomoci dotykových gest na testovacím mobilním telefonu. Záměrně jsme zvolili dvě rozdílné ukázky, jelikož v prvním případě byl člověk pouze pasivním posluchačem, zatímco v audiohře respondenti „hráli“ za postavu policistky, takže

---

<sup>243</sup> Igroup presence questionnaire (IPQ). Dostupné z: <http://www.igroup.org/pq/ipq/index.php>.

byli přímými účastníky dění. Tyto ukázky mezi sebou nijak neporovnáváme a vyhodnocujeme je separátně.

Obě ukázky byly vytvořeny pro binaurální poslech za využití pannerů *DearVR Pro*<sup>244</sup> a *Ambeo Orbit*<sup>245</sup> (v současnosti přejmenován na *DearVR Micro*). *DearVR Pro* byl využit pro pozicování mono zvuků<sup>246</sup> a oproti druhému jmenovanému nabízí možnost volby výstupního formátu – stereo / binaural, čímž aktivuje nebo deaktivuje přenosovou funkci (HRTF) a přidružené zpracování. Disponuje také možností emulace vzdálenosti zvuku pomocí útlumu vyšších frekvencí a simulací dozvuku místnosti s proměnlivým poměrem přímých a odražených frekvencí, čímž poměrně věrohodně dokáže simulovat vzdálenost zvuku od posluchače. Tyto funkce jsou k dispozici jak v binaurálním, tak stereo režimu. *Ambeo Orbit* jsme použili pro zpracování stereofonních zvuků – jelikož se jednalo o staticky umístěné zvuky (např. atmosféry), byla konverze mezi stereo a binaurálním mixem řešena vypnutím / zapnutím plug-inu a aplikací panoramy zvuku do podobné pozice v obou formátech.

Poslechový test probíhal v různých prostorách, avšak vždy v klidném místě tak, aby účastníci nebyli nijak rušeni. Ukázky byly přehrávány z mobilního telefonu vždy se stejnou hlasitostí prostřednictvím sluchátek Bose 700, které byly vybrány pro jejich funkci aktivního potlačení okolního hluku, čímž jsme se snažili sjednotit poslechové podmínky účastníků. Nejprve si respondenti poslechli ukázku 1 - *Cancel*, vyplnili první IPQ dotazník a poté si poslechli ukázku 2 - *Důkaz 111* a opět vyplnili dotazník. Vzhledem k tomu, že jsme ukázky mezi sebou neporovnávali, jejich pořadí bylo pro všechny respondenty stejné, abychom zajistili jednotné podmínky při vyhodnocení. Dotazníky byly vyplňovány prostřednictvím služby *Google Forms* a dále zpracovány ve statistickém softwaru *Jamovi*<sup>247</sup>.

Dotazník IPQ obsahuje čtrnáct otázek, jejichž znění jsme přeformulovali pro potřeby zvukových ukázek<sup>248</sup> a vzhledem k omezené míře interaktivity jsme kompletně vynechali otázka č. 3 (viz Tabulka 3). Dotazník využívá sedmibodovou

---

<sup>244</sup> DearVR PRO. Dostupné z: <https://www.dear-reality.com/products/dearvr-pro>.

<sup>245</sup> DearVR Micro. Dostupné z: <https://www.dear-reality.com/products/dearvr-micro>.

<sup>246</sup> DearVR Pro neumí zpracovávat jiné vstupní signály než mono.

<sup>247</sup> *The jamovi project* [online]. Dostupné z: <https://www.jamovi.org/>.

<sup>248</sup> Např. otázka č. 13 se v originále ptá, zdali respondent přemýšlí o proběhlé ukázce jako o něčem, co viděl, což bylo přeformulováno, zdali přemýšlí o proběhlé ukázce jako o něčem, co slyšel.

hodnotící škálu (rozsah hodnot byl 0 až 6), přičemž otázky 2 a 11 mají škálu invertovanou. Dotazník zkoumá čtyři atributy prezenze:

- Sense of Being There - (SENSE) - pocit přenesení do virtuálního prostoru
- Spatial Presence (SP) - prostorová prezenze
- Involvement (INV) - zapojení<sup>249</sup>
- Realism (REAL) – realismus

Prostorová prezenze, zapojení a realismus jsou nezávislé atributy, zatímco pocit přenesení do virtuálního prostoru je považován za obecný atribut, jenž je provázán s ostatními, především pak prostorovou prezencí. Pro vyhodnocení jednotlivých atributů bylo využito dvouvýběrových T-Testů.

---

<sup>249</sup> V rámci udržení překladatelských konvencí této práce používáme pro termín involvement překlad „zapojení“, avšak IPQ dotazník svou stavbou tímto termínem sleduje spíše zaujetí virtuálním světem vedoucí k mentálnímu odříznutí se od světa reálného než naši snahu aktivně se do něj zapojovat.

<i>Igroup Presence Questionnaire – IPQ dotazník</i>		
<i>No.</i>	<i>Atribut</i>	<i>Otázka</i>
1.	INV	Jak moc jste si byl(a) vědom(a) okolního (skutečného) světa při pohybu ve virtuálním světě (např. zvuky, pokojová teplota, ostatní lidé...)?
2.	REAL	Jak moc reálný (uvěřitelný) vám připadal virtuální svět? ( <i>Invertovaná škála</i> )
3.	SP	<del>Měl(a) jsem pocit, že činnosti ve hře skutečně vykonávám, spíše, než že působím jako někdo z vnějšku.</del>
4.	REAL	Jak moc odpovídal zvukový zážitek z virtuálního světa tomu, co znáte ze skutečnosti?
5.	REAL	Jak moc skutečný vám připadal virtuální svět?
6.	SP	Necítil(a) jsem se přítomen(na) ve virtuálním světě.
7.	INV	Nevnímal(a) jsem své skutečné okolí.
8.	SENSE	Měl(a) jsem pocit, že "já" jsem skutečně ve virtuálním světě.
9.	SP	Cítil(a) jsem, že mě virtuální svět obklopuje.
10.	SP	Cítil(a) jsem se přítomen(na) ve virtuálním prostoru
11.	INV	Zvládal(a) jsem vnímat svět okolo mě. ( <i>Invertovaná škála</i> )
12.	REAL	Virtuální svět mi přišel více skutečný než svět reálný.
13.	SP	Když si vzpomenete na proběhlou ukázkou, přemýšlíte o ní jako o něčem, co jste slyšel(a), nebo jako o místě, kde jste byl(a)?
14.	INV	Byl(a) jsem úplně pohlcen(na) virtuálním světem.

*Tabulka 3 IPQ dotazník pro testování prezence binaurálního audia*

### 5.4.3. Výsledky

Níže prezentované výsledky (viz Tabulka 4 a Tabulka 5) ukazují průměrné hodnoty jednotlivých atributů prezence (M) pro skupinu A (stereofonní poslech) a skupinu B (binaurální poslech). V tabulce jsou dále uvedeny hodnoty standardní / směrodatné chyby (SE<sup>250</sup>), směrodatných odchylek (SD<sup>251</sup>), rozdílů průměrů mezi skupinou A a skupinou B, hodnoty statistické významnosti (p-hodnota<sup>252</sup>) a velikost účinku (Cohenovo d<sup>253,254</sup>).

Pro první ukázkou *Cancel* se průměrné hodnoty jednotlivých atributů pohybovaly od 2,50 (REAL, skupina B), po 3,88 (SENSE, skupina A). Skupina A (stereofonní poslech) dosahovala ve všech sledovaných attributech vyšších průměrných hodnot. S výjimkou realismu byl rozdíl průměrů u ostatních atributů statisticky signifikantní se středním až velkým efektem, konkrétně **SENSE**:  $p = 0,011$ ;  $d = 0,963$ ;  $M_A - M_B = 1,31$ ; **SP**:  $p = 0,044$ ;  $d = 0,745$ ;  $M_A - M_B = 0,80$ ; **INV**:  $p = 0,018$ ;  $d = 0,884$ ;  $M_A - M_B = 1,08$ .

Ve druhé ukázce byly průměrné hodnoty atributů celkově vyšší – nejmenší 2,47 (REAL, skupina B) a největší 4,56 (SENSE, skupina A). Skupina A dosahovala ve všech sledovaných attributech vyšších průměrných hodnot oproti skupině B,

---

<sup>250</sup> SE z anglického „standard error“; standardní chyba popisuje nepřesnost měření v situaci, když zkoumanou veličinu odhadujeme na základě výběrového šetření, kdy namísto celé populace zkoumáme jen její výběr.

<sup>251</sup> SD z anglického „standard deviation“; směrodatná odchylka označuje, jak moc se od sebe liší jednotlivé případy v souboru zkoumaných hodnot (v tomto případě odpovědi respondentů). Malá směrodatná odchylka ukazuje na homogenitu souboru – odpovědi jsou si podobné, velká směrodatná odchylka ukazuje na vzájemné odlišnosti (respondenti odpovídají rozdílně).

<sup>252</sup> p-hodnota (v angličtině p-value) je nejmenší hladina významnosti při které zamítneme nulovou hypotézu ( $H_0$ ). Jako nulovou hypotézu označujeme tvrzení, které obvykle vyjadřuje „žádný neboli nulový rozdíl“ mezi testovanými soubory dat – v případě tohoto experimentu by nulová hypotéza byla, že skupina A je shodná se skupinou B. Jako limitní se udává hodnota  $p = 0,05$  – při této nebo nižší hodnotě zamítáme nulovou hypotézu a můžeme tvrdit, že se testované soubory dat od sebe statisticky významně liší. Tento fakt bývá v tabulkách pro názornost označován \*.

<sup>253</sup> Velikost účinku udává míru síly vztahu mezi proměnnými. Jedním ze způsobů měření je tzv. Cohenovo d. Na rozdíl od p-hodnoty, která udává, zdali se dvě skupiny od sebe liší, Cohenovo d tento rozdíl kvantifikuje. Obecně se udává pro hodnoty  $d < 0,2$  zanedbatelný efekt, v intervalu  $0,2 - 0,5$  malý efekt,  $0,5 - 0,8$  střední efekt a pro  $d > 0,8$  velký efekt. Velikost účinku může nabývat kladných i záporných hodnot – záleží, zdali je rozdíl hodnot mezi skupinami kladný nebo záporný. Jednou z interpretací Cohenova d, je také „jaké procento respondentů z jedné skupiny převyšuje průměrného člena z druhé skupiny. Např. pro hodnotu  $d = 0,8$  je to 79% populace ve skupině – více viz *Věcná významnost výsledků a její možnosti měření* (Petr Soukup, 2013).

<sup>254</sup> SOUKUP, Petr. *Věcná významnost výsledků a její možnosti měření*, s. 129-131.



avšak pouze v případě přenesení do virtuálního prostoru a prostorové prezence byly tyto rozdíly statisticky významné – konkrétně **SENSE**:  $p = 0,012$ ;  $d = 0,943$ ;  $M_A - M_B = 1,44$ ; **SP**:  $p = 0,018$ ;  $d = 0,885$ ;  $M_A - M_B = 1,09$ .

<i>Ukázka 2: Důkaz 111</i>	<i>Skupina A M (SE)</i>	<i>Skupina A SD</i>	<i>Skupina B M (SE)</i>	<i>Skupina B SD</i>	<i>Rozdíl průměrů (M<sub>A</sub> - M<sub>B</sub>)</i>	<i>A x B p</i>	<i>Cohenovo d</i>
<i>Přenesení do virtuálního prostoru (SENSE)</i>	3,88 (0,340)	1,36	2,56 (0,341)	1,36	1,31	0,011 *	0,963
<i>Prostorová prezence (SP)</i>	3,69 (0,225)	0,90	2,89 (0,304)	1,21	0,80	0,044 *	0,745
<i>Zapojení (INV)</i>	4,05 (0,321)	1,29	2,97 (0,288)	1,15	1,08	0,018 *	0,884
<i>Realismus (REAL)</i>	3,03 (0,314)	1,26	2,50 (0,289)	1,15	0,53	0,222	0,441

*Tabulka 4 Hodnoty prezence ukázky č. 1 – Cancel*

<i>Ukázka 2: Důkaz 111</i>	<i>Skupina A M (SE)</i>	<i>Skupina A SD</i>	<i>Skupina B M (SE)</i>	<i>Skupina B SD</i>	<i>Rozdíl průměrů (M<sub>A</sub> - M<sub>B</sub>)</i>	<i>A x B p</i>	<i>Cohenovo d</i>
<i>Přenesení do virtuálního prostoru (SENSE)</i>	4,56 (0,387)	1,55	3,13 (0,375)	1,50	1,44	0,012 *	0,943
<i>Prostorová prezence (SP)</i>	4,48 (0,298)	1,19	3,39 (0,319)	1,28	1,09	0,018 *	0,885
<i>Zapojení (INV)</i>	4,42 (0,407)	1,63	3,53 (0,284)	1,14	0,89	0,083	0,635
<i>Realismus (REAL)</i>	3,22 (0,270)	1,08	2,47 (0,264)	1,06	0,75	0,056	0,702

*Tabulka 5 Hodnoty prezence ukázky č. 2 - Důkaz 111*

#### 5.4.4. Diskuze

Výsledky ukázaly statisticky významný rozdíl ve vnímání prezence u obou ukázek pro atributy pocitu přenesení do virtuálního prostoru (SENSE) a prostorové prezence (SP). V případě první ukázky pak také pro atribut zapojení (INV). Naše hypotéza  $H_1$  se však nepotvrdila, jelikož oproti očekávání přinášela větší pocit prezence zkušených posluchačů stereofonní reprodukce. Tyto výsledky považujeme za překvapivé jednak v kontextu předešlých výzkumů, které naznačovaly rozdíl preference mezi stereofonním a binaurálním poslechem ve prospěch binaurální reprodukce<sup>255</sup>, ale především z důvodu povahy samotného binaurálního audia, které simuluje náš přirozený způsob prostorového slyšení, a očekávali bychom tedy, že bude způsobovat také větší pocit prezence.

Potenciální odpověď můžeme nalézt v citovaném výzkumu Michele Geronazzové<sup>256</sup> a principech prostorového slyšení. Geronazzová neprokázala statisticky významné rozdíly mezi mono a binaurální reprodukcí, avšak ukázala rozdíl mezi reprodukcí binaurální a binaurální s využitím head-trackingu. V případě využití binaurálního audia bez head-trackingu totiž nemůžeme využívat pohybů hlavy k lokalizaci zvuků, čímž vzniká problém v předozadní lokalizaci (viz Cone of Confusion v kapitole 5.1.1). V kombinaci s generickou HRTF může výsledný zvukový obraz působit nepřesvědčivě a pozice zvuků v prostoru působit neurčitě oproti poměrně jasně definovanému umístění – vlevo a vpravo – v tradičním stereo mixu.

Do určité míry mohou být výsledky také ovlivněny faktem, že jsme obecně navyklí na tradiční stereofonní reprodukci a binaurální zvuk může působit nepřirozeně. Tento jev jsme se snažili omezit výběrem zkušených posluchačů, avšak důležitějším faktorem může být právě předešlá zkušenost s binaurálním audiem, která v této studii nebyla sledována. Rozdíly v percepci mezi posluchači, kteří s binaurálním poslechem měli předešlou zkušenost a těmi, kteří neměli, naznačuje studie Alice Fosterové, ve které se skupina respondentů s předešlou zkušeností binaurálního poslechu přikláněla v preferenci k binaurálnímu poslechu

---

<sup>255</sup> FOSTER, Alice, Chris PIKE a Jon FRANCOMBE. A Mixed-Methods Evaluation of Preferences Between Binaural and Stereo Broadcast Audio with Experienced and Inexperienced Listeners.

<sup>256</sup> GERONAZZO, Michele, Amalie ROSENKVIST, David ERIKSEN, Camilla MARKMANN-HANSEN, Jeppe KØHLERT, Miicha VALIMAA, Mikkel VITTRUP a Stefania SERAFIN. Creating an Audio Story with Interactive Binaural Rendering in Virtual Reality.

více než skupina bez předchozí zkušenosti. Studie však tyto skupiny přímo neporovnávala, a je to tedy spíše otázka pro budoucí výzkum. Je však také možné, že ani předchozí zkušenost, nebo individualizované HRTF (které jsou stále spíše jen teoretickou možností pro masové komerční využití) nepřinesou zásadně rozdílné výsledky ve vnímání prezence, čímž vzniká otázka, nakolik je samotné binaurální audio bez obrazové složky a sledování pohybu pro diváky přínosem.

## 6. Efekt zvuku ve virtuální realitě

Virtuální realita<sup>257</sup> neboli simulované virtuální prostředí (v angličtině virtual environment – VE) se dostala do širšího povědomí na začátku 90. let minulého tisíciletí s příchodem prvních komerčně dostupných headsetů, které zprostředkovávaly návštěvu virtuálního světa. Od té doby technologie ušla velký kus cesty, avšak ani dnes není zážitek z virtuální reality takový, jak nám jej prezentují některé sci-fi filmy či seriály. Stále bojujeme s mnohými technologickými omezeními, které limitují náš zážitek a brání virtuální realitě překročit hranici pouťové atrakce. Nicméně nejen technologický pokrok, ale i naše pochopení percepce ve virtuální realitě jsou nutnými předpoklady pro další vývoj tohoto fenoménu.

V předchozích kapitolách jsme ukázali, že přítomnost či rozdílný formát zvukové složky ovlivňuje imerzi či prezenci, avšak doposud citované výzkumy byly provedeny buďto bez obrazové složky, nebo při sledování / hraní na televizi. Vzhledem k tomu, že návštěva virtuálního světa za pomoci brýlí pro virtuální realitu nabízí oproti té samé návštěvě zprostředkované televizní obrazovkou rozdílný druh zážitku, nabízí se otázka, zdali má přítomnost či absence zvukové složky stejný vliv na pocit prezence při použití brýlí pro virtuální realitu jako při konzumaci identického obsahu skrze televizi. Tato úvaha, zabývající se vlivem vztahu platformy a zvuku na prezenci, je jednou z hlavních výzkumných otázek této kapitoly.

---

<sup>257</sup> V této kapitole označujeme pojmem „virtuální realita“ virtuální prostředí, ve kterém se nacházíme za pomoci helmy pro virtuální realitu. V tomto kontextu za virtuální realitu nepovažujeme 360° videa / fotografie, která sice sledujeme skrze helmu pro virtuální realitu, ale jedná se pouze o panoramatické video, nikoliv simulované virtuální prostředí.

## 6.1. Technologie virtuální reality

V současnosti si pojem virtuální realita automaticky asociujeme s brýlemi či helmou, které nám tento zážitek zprostředkovávají<sup>258</sup>. Není to však jediný způsob, jak lze virtuální realitu prožívat. V roce 1992 vznikl systém CAVE (Cave Automatic Virtual Environment)<sup>259</sup>, který funguje na principu několika zpětných projekcí či LED obrazovek (viz Obrázek 20). Uživatel vejde do prostoru, ve kterém je obklopen projekčními plátny či obrazovkami<sup>260</sup>, na které je promítán stereoskopický obraz. Součástí systému je využití 3D brýlí a senzorů pohybu, takže dění na obrazovce reaguje na pohyb uživatele a díky stereoskopické projekci synchronizované s tímto pohybem vzniká pocit, že objekty vystupují do prostoru. Tento systém je však náročný na provoz a prostor, takže se využívá spíše v akademickém prostředí nebo pro průmyslové účely.



Obrázek 20 Systém CAVE<sup>261</sup>

---

<sup>258</sup> Můžeme se také setkat s anglickými termíny headset nebo HMD (head-mounted display).

<sup>259</sup> Cave automatic virtual environment. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Cave\\_automatic\\_virtual\\_environment](https://en.wikipedia.org/wiki/Cave_automatic_virtual_environment).

<sup>260</sup> Minimální počet stěn, na které je promítáno jsou tři, avšak v ideálním případě je projekce na všech šesti stěnách krychle, které uživatele obklopují.

<sup>261</sup> CAVE Immersive Virtual Reality. Dostupné z: <https://www.mechdyne.com/av-vr-solutions/solutions/virtual-augmented-reality/cave/>.

Helmy pro virtuální realitu se u široké veřejnosti staly standardem, jelikož jsou v současnosti dostupné za přijatelnou cenu a jednoduché na obsluhu. Sady brýlí poskytují uživatelům vizuální i auditivní vjemy, reagují na jejich pohyb (možnosti sledování pohybu jsou definovány stupněm svobody) a umožňují interakci s virtuálním prostředím (tzv. mapování). V současnosti existují dva základní typy helem – buďto fungují pouze jako zobrazovací zařízení – virtuální svět je generován externím počítačem, anebo je výpočetní jednotka součástí helmy, a dokáže tak fungovat sama o sobě. V následujících odstavcích se budeme věnovat jednotlivým parametrům helem pro virtuální realitu.

## Vizuální reprezentace

Základem každé helmy je displej (případně dva displeje), který zobrazuje pro každé oko unikátní obraz<sup>262</sup>. Klíčovými parametry jsou stejně jako u klasických monitorů rozlišení a obnovovací frekvence. Zatímco v devadesátých letech bylo u modelu VFX1 Headgear rozlišení displeje pro jedno oko 263x230 pixelů<sup>263</sup>, dnešní komerčně dostupné helmy mají rozlišení až 10x větší (konkrétně 2448x2448 pixelů v případě helmy HTC Vive Pro 2<sup>264</sup>). Pro plynulost a uvěřitelnost zážitku je neméně důležitá obnovovací frekvence. V současnosti se jako optimální frekvence doporučuje minimálně 90 Hz<sup>265,266</sup>. Nižší hodnoty mohou nabourávat iluzi virtuálního světa a / nebo způsobit nevolnost – motion sickness (kinetózu). Vysoké rozlišení a obnovovací frekvence jsou však parametry náročné na výpočetní výkon, můžeme je tedy vidat pouze u helem, které fungují pouze jako zobrazovací zařízení a samotný svět je generován externím počítačem, ke kterému jsou připojeny kabelem nebo bezdrátově.

Posledním parametrem – specifickým pro virtuální realitu – je zorné pole (v angličtině označované termínem FOV – field of view). Obecně lze říct, čím větší zorné pole displeje, tím více jsme obrazem obklopeni. Většina helem nabízí zorné

---

<sup>262</sup> Vzhledem k simulaci reálného vidění je virtuální svět zobrazován stereoskopicky. V případě 360° videí natáčených na jednu kameru je většinou obraz pro obě oči stejný – tedy vjem je monoskopický.

<sup>263</sup> VFX1 Headgear. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/VFX1\\_Headgear](https://en.wikipedia.org/wiki/VFX1_Headgear).

<sup>264</sup> VIVE Pro 2 Overview. Dostupné z: <https://www.vive.com/us/product/vive-pro2/overview/>.

<sup>265</sup> Why Is Refresh Rate and FOV Important for a VR Headset?. Dostupné z: <https://vrheadsetauthority.com/why-is-refresh-rate-and-fov-important-for-a-vr-headset/>.

<sup>266</sup> The Importance of Frame Rates. Dostupné z: <https://help.irisvr.com/hc/en-us/articles/215884547-The-Importance-of-Frame-Rates>.

pole v rozsahu od 90° po 120° avšak lidské vidění pojímá v horizontální rovině periferním viděním úhel až 210°<sup>267</sup>.

## **Auditivní reprezentace**

Nejčastějším způsobem zvukové reprodukce ve virtuální realitě je za pomoci sluchátek (ať jsou již přímo součástí helmy, nebo se připojují externě). Zatímco v 90. letech byla standardem klasická stereofonní reprodukce, dnes se primárně využívá binaurálního zvuku, který v kombinaci se sledováním pohybu hlavy v prostoru umožňuje uživatelům lokalizovat zvuky podobně, jak jsou zvyklí z reálného světa.

## **Sledování pohybu (stupeň svobody)**

Stupeň svobody označuje, jaké pohyby je daná technologie schopna přenést ze skutečného světa do virtuálního. V případě tří stupňů svobody (3DoF) se můžeme ve virtuální realitě libovolně rozhlížet, avšak pouze z jednoho konkrétního bodu. Šest stupňů svobody (6DoF) znamená, že se ve virtuální realitě můžeme i pohybovat podobně jako v reálném světě – nejsme tedy vázáni na jeden konkrétní bod v prostoru. Stupeň svobody nedefinuje pouze technologie, ale také konkrétní obsah, který může možnosti pohybu cíleně omezit. Aby mohla tato funkcionality fungovat, je zapotřebí množství senzorů, které pohyb přilby sledují (např. akcelerometry, gyroskopy, kamery apod.) Tyto senzory mohou být řešeny externě – např. kamera u Playstation VR – anebo mohou být přítomny přímo na helmě, která pak sama sebe lokalizuje v prostoru. I v případě šesti stupňů svobody je však pohyb většinou limitován na určitou plochu – jednak kvůli propojovacímu kabelu, ale často také z důvodu omezeného prostoru v místě použití<sup>268</sup>.

---

<sup>267</sup> Field of view. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Field\\_of\\_view](https://en.wikipedia.org/wiki/Field_of_view).

<sup>268</sup> Toto omezení pohybu není ryze technologickým omezením a v určitých případech může být umožněn prakticky libovolný pohyb – např. u site-specific instalací apod.

## Interakce – ovládání (mapování)

Jeden z předpokladů prezence ve virtuální realitě je možnost s virtuálním světem interagovat<sup>269</sup>. Jonathan Steuer popisuje způsob ovládání jako tzv. „mapping“ (mapování) – tedy jakým způsobem jsou přeloženy pohyby z reálného světa do toho virtuálního<sup>270</sup>. Mapování může probíhat bez jakýchkoliv pohybových souvislostí (např. psané povely), až po přirozené – skutečný pohyb je přenesen do virtuální reality. Tuto myšlenku dále rozvíjí Paul Skalski a Ron Tamborini<sup>271</sup>, kteří definovali čtyři úrovně mapování:

- **Directional natural mapping** (směrově přirozené mapování) – existuje spojení mezi směrem, kterým se pohybujeme ve virtuálním prostoru, a pozicí na ovladači (např. umístění šipek na klávesnici).
- **Kinesic natural mapping** (pohybové přirozené mapování) – pohyb těla je přenášen do virtuálního světa, avšak není přítomna hmatatelná odezva (např. Microsoft Kinect).
- **Incomplete tangible natural mapping** (nedokonalé hmatatelné přirozené mapování) – ovládání skrze pohybový ovladač (např. pohybový ovladač PS Move), který umožňuje přenos pohybu do virtuálního světa, avšak funguje jako univerzální náhrada různých herních objektů (např. světelný meč, pistol apod.).
- **Realistic tangible natural mapping** (reálné hmatatelné přirozené mapování) – podobný princip jako v předchozím bodě, avšak místo univerzálního ovladače je využíván specifický ovladač pro konkrétní činnost – např. volant nebo pistole.

---

<sup>269</sup> Nehovoříme o sociálních interakcích, ale fyzických – např. zvedání předmětu, otevírání dveří apod.

<sup>270</sup> STEUER, Jonathan. *Defining Virtual Reality*, s. 81.

<sup>271</sup> SKALSKI, Paul, Ron TAMBORINI, Ashleigh SHELTON, Michael BUNCHER a Pete LINDMARK. *Mapping the road to fun*.



Současné systémy pro virtuální realitu nabízí nejčastěji univerzální pohybové ovladače – tedy princip nedokonalého hmatatelného přirozeného mapování, avšak např. helma Oculus Quest 2 nabízí možnost sledování pohybu rukou<sup>272</sup>, stejně jako existují rukavice s haptickou odezvou, které tento pohyb do virtuální reality také přenáší.

---

<sup>272</sup> *Oculus* [online]. Dostupné z: <https://support.oculus.com/articles/headsets-and-accessories/controllers-and-hand-tracking/index-controllers-hand-tracking/>.

## 6.2. Vývoj virtuální reality

Za předchůdce virtuální reality bychom mohli označit systém Sensorama vytvořený Mortonem Heiligem již v roce 1957<sup>273,274</sup> (viz Obrázek 21). Tento systém nabízel stereoskopickou projekci, stereofonní zvuk, vibrační židli a uměl produkovat nejrůznější pachy a vůně. Obsahem byly krátké filmy, které vytvářel sám Heilig, nebyly však interaktivní<sup>275</sup>. V roce 1960 vytvořil Heilig první HMD zařízení – Telesphere Mask – předchůdce současných brýlí pro virtuální realitu (viz Obrázek 22). Podobně jako Sensorama umožňovalo sledování stereoskopického obrazu a stereofonní reprodukci zvuku<sup>276</sup>. Oproti současným VR brýlím však nedisponovalo technologií head-trackingu.

Prvním zařízením s funkcí sledování pohybu byly brýle Sword of Damocles (viz Obrázek 23), které z dnešního pohledu spadají do kategorie rozšířené reality – uživatel nebyl přenesen do virtuálního světa, ale virtuální objekty se vykreslovaly přes reálný svět. Zařízení bylo upevněno na mechanickém rameni, které jednak snižovalo váhu brýlí, ale především fungovalo jako prostředek pro sledování pohybu hlavy<sup>277</sup>.

V průběhu 70. a 80. let se díky technologickému pokroku začínaly zařízení svou funkcionalitou podobat současným helmám pro virtuální realitu. Jako příklad můžeme uvést helmu VIVED (Virtual Visual Environment Display), která vznikla ve výzkumném centru NASA<sup>278</sup> pro výcvik astronautů a obsahovala dva monochromatické LCD displeje. NASA helmu následně rozšířila o rukavice se schopností snímání pohybu a celý systém označovala termínem VIEW (Virtual Interface Environment Workstation)<sup>279</sup> – viz Obrázek 24.

---

<sup>273</sup> How did virtual reality begin?. Dostupné z: <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/beginning.html>.

<sup>274</sup> Často se uvádí jako datum uvedení rok 1962, v tomto roce však byla tato technologie patentována. Počátky konceptu sahají do začátku 50. let 20. století, první funkční prototyp byl představen v roce 1957.

<sup>275</sup> MARTIROSOV, Sergo a Pavel KOPECEK. Virtual Reality and its Influence on Training and Education - Literature Review.

<sup>276</sup> Tamtéž.

<sup>277</sup> KREVELEN, Rick Van. *Augmented Reality: Technologies, Applications, and Limitations*, s. 8.

<sup>278</sup> Time Machines: NASA goes virtual at CES. Dostupné z: <https://www.engadget.com/2013-12-15-time-machines.html>.

<sup>279</sup> The Virtual Interface Environment Workstation (VIEW), 1990. Dostupné z: [https://www.nasa.gov/ames/spinoff/new\\_continent\\_of\\_ideas/](https://www.nasa.gov/ames/spinoff/new_continent_of_ideas/).

Na přelomu 80. a 90. let vznikaly první komerční headsety pro hraní her – především v arkádových hernách. Jako zástupce můžeme uvést systémy Virtuality od společnosti Virtuality Group, které nabízely rozlišení 276x372 pixelů pro každé oko a existovaly ve dvou variantách – na stání a pro sezení (viz Obrázek 25). Podle zvolené varianty se odvíjel seznam her, které se s helmou daly hrát. S tím se pojilo také příslušenství – např. volant pro závodní hry nebo pistole pro akční hry. Celý systém byl poháněn počítačem Amiga 3000<sup>280</sup>.

Od 90. let do současnosti se technologie postupně zdokonaluje, avšak nová zařízení přináší spíše evoluční pokroky nežli revoluci v tom, jakým způsobem můžeme virtuální realitu zažívat. I přes to, že vznikla řada helem pro virtuální realitu, v základních principech se jedná o stále stejný produkt jako před 30 lety.



Obrázek 21 Sensorama<sup>281</sup>



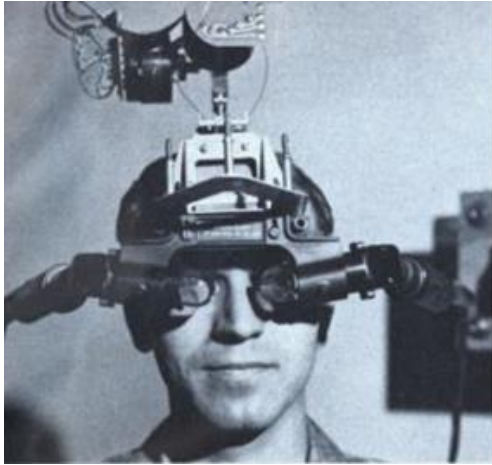
Obrázek 22 Telesphere Mask<sup>282</sup>

---

<sup>280</sup> Virtuality (product). Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Virtuality\\_\(product\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Virtuality_(product)).

<sup>281</sup> The Sensorama: One of the First Functioning Efforts in Virtual Reality. Dostupné z: <https://www.historyofinformation.com/detail.php?id=2785>.

<sup>282</sup> D'source Telesphere Mask | Evolution of VR. Dostupné z: <https://www.dsource.in/course/virtual-reality-introduction/evolution-vr/telesphere-mask>.



Obrázek 23 Sword of Damocles<sup>283</sup>



Obrázek 24 NASA VIEW<sup>284</sup>



Obrázek 25 Virtuality 1000CS<sup>285</sup>

---

<sup>283</sup> LIU, Xinxiong, Jing ZHANG, Guoxiang HOU a Zenan WANG. Virtual Reality and Its Application in Military.

<sup>284</sup> The Virtual Interface Environment Workstation (VIEW), 1990. Dostupné z: [https://www.nasa.gov/ames/spinoff/new\\_continent\\_of\\_ideas/](https://www.nasa.gov/ames/spinoff/new_continent_of_ideas/).

<sup>285</sup> Long before the Oculus there was the Virtuality 1000cs System introduced in October 1991 and powered by an Amiga 3000. Dostupné z: [https://www.reddit.com/r/gaming/comments/beelzf/long\\_before\\_the\\_oculus\\_there\\_was\\_the\\_virtuality/](https://www.reddit.com/r/gaming/comments/beelzf/long_before_the_oculus_there_was_the_virtuality/).

### 6.3. Dosavadní výzkum

Virtuální realita se těší velkému zájmu badatelů a byla předmětem mnoha výzkumů v nejrůznějších kontextech. Především v 90. letech vznikaly studie, které se zabývaly virtuální realitou ve vztahu k imerzi a prezenci<sup>286,287,288</sup>. Řada výzkumů se věnovala zkoumání vlivu virtuální reality na uživatelsky zážitek také prakticky. Mel Slater v textu *Immersion, Presence, and Performance in Virtual Environments: An Experiment with Tri-Dimensional Chess*<sup>289</sup> porovnával imerzi<sup>290</sup> při hraní 3D šachové hry za pomoci HMD a na displeji monitoru<sup>291</sup>. Studie ukázala nejen vyšší hodnoty imerze pro HMD, ale také lepší hráčské výsledky při hraní ve virtuální realitě. Vlivem virtuální reality na imerzi se zabývala také studie Ashfaq Mahmood Amina *Immersion in Cardboard VR Compared to a Traditional Head-mounted Display*<sup>292</sup>, který porovnával imerzi (pro měření imerze využíval IEQ dotazník) při hraní na monitoru a ve dvou různých helmách pro virtuální realitu – Cardboard VR<sup>293</sup> a Oculus Rift DK2. Výsledky prokázaly rozdíly v imerzi mezi televizí a helmami pro virtuální realitu, avšak mezi Cardboard VR a Oculus Rift DK2 již rozdíly nebyly statisticky signifikantní.

Virtuální realita nebyla zkoumána pouze z pohledu imerze, ale také v kontextu flow. Studie Daehwana Kima *The impact of virtual reality (VR) technology on sport spectators' flow experience and satisfaction* zkoumala, jak sledování sportovních utkání ve virtuální realitě ovlivňuje náš zážitek<sup>294</sup>. Výsledky ukazují vyšší hodnoty flow při sledování ve VR oproti běžné televizi. Virtuální realita ovlivňovala hodnoty flow výrazněji u respondentů, kteří se o daný sport nezajímají než u aktivních fanoušků (jednalo se o basketbal).

---

<sup>286</sup> STEUER, Jonathan. Defining Virtual Reality.

<sup>287</sup> SLATER, Mel, Martin USOH a Anthony STEED. Taking steps.

<sup>288</sup> SLATER, Mel a Sylvia WILBUR. A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE).

<sup>289</sup> SLATER, Mel, Vasilis LINAKIS, Martin USOH a Rob KOOPER. Immersion, presence and performance in virtual environments.

<sup>290</sup> Mel Slater hovoří o zkoumání imerze, avšak ji považuje za objektivní vlastnost technologie a zároveň ji zkoumá dotazníkem, jenž obsahuje primárně atributy prezence.

<sup>291</sup> Slater tyto dvě podmínky nazýval „egocentric view“ (HMD) a „exocentric view“ (monitor).

<sup>292</sup> AMIN, Ashfaq, Diane GROMALA, Xin TONG a Chris SHAW. Immersion in Cardboard VR Compared to a Traditional Head-Mounted Display.

<sup>293</sup> Cardboard VR byl levný způsob, jak si vytvořit HMD displej – do kartonového držáku, který měl imitovat přílbu pro virtuální realitu se umístil mobilní telefon, který sloužil jako displej a výpočetní jednotka pro sledování obsahu ve virtuální realitě.

<sup>294</sup> KIM, Daehwan, Yong KO a Xun HE. The impact of virtual reality (VR) technology on sport spectators' flow experience and satisfaction.

Federica Pallaviciniová zkoumala vliv prožitku ve virtuální realitě na prezenci a prožívání emocí na skupině 26 respondentů. Ve své práci *Effectiveness of Virtual Reality Survival Horror Games for the Emotional Elicitation: Preliminary Insights Using Resident Evil 7: Biohazard*<sup>295</sup>, podobně jako v předchozí studii, prokázala větší prezenci při využití helmy pro virtuální realitu oproti běžnému monitoru. V otázce prožitku emocí – konkrétně pocitu úzkosti<sup>296</sup> – se mezi testovanými podmínkami nenašel statisticky významný rozdíl. Studie také zkoumala souvislost s fyziologickými funkcemi – konkrétně srdečním tepem a elektrodermální aktivitou (EDA). První testovanou podmínkou byl rozdíl ve fyziologických hodnotách před a po hraní hry, kde se u obou skupin (HMD a TV) prokázaly statisticky významné výsledky (konkrétně zvýšení hodnoty srdečního tepu). Druhá testovaná podmínka – rozdíl mezi skupinou respondentů hrající ve virtuální realitě a na televizi – neprokázala ve fyziologických hodnotách statisticky rozdílné výsledky.

Podobnou studii zrealizovala Marta Clavero Jiménezová, ve které porovnávala zážitek z hraní hororové hry na počítačovém monitoru a ve virtuální realitě ve vztahu k srdečnímu tepu, elektrodermální aktivitě a pocitu strachu<sup>297</sup>. Výsledky ukazují statisticky významně rozdílné hodnoty elektrodermální aktivity ve virtuální realitě a při hraní na monitoru. Hodnoty srdečního tepu, podobně jako ve studii Pallaviciniové nejsou průkazné. Respondenti také v dotaznících a rozhovorech vyjadřují, že se při hraní ve virtuální realitě báli více než při hraní na televizi.

Práce *An evaluation of Heart Rate and Electrodermal Activity as an Objective QoE Evaluation method for Immersive Virtual Reality Environments*<sup>298</sup> Darragha Egana zkoumala souvislost mezi fyziologickými funkcemi (konkrétně elektrodermální aktivitou a srdeční tepem) a dotazníkovým testováním kvality zážitku<sup>299</sup> (QoE). Podobně jako v dříve citovaných studiích se u subjektivního měření (dotazník QoE) prokázal rozdíl mezi hraním na monitoru a ve virtuální

---

<sup>295</sup> PALLAVICINI, Federica, Ambra FERRARI, Alessandro PEPE, Giacomo GARCEA, Andrea ZANACCHI a Fabrizia MANTOVANI. *Effectiveness of Virtual Reality Survival Horror Games for the Emotional Elicitation*.

<sup>296</sup> Pocit úzkosti zkoumala vzhledem ke zvolenému obsahu – konkrétně strašidelná hororová hra.

<sup>297</sup> CLAVERO JIMÉNEZ, Marta, Amanda JAMES, Marcello GÓMEZ MAUREIRA a Isabelle KNIESTEDT. *Dreadful Virtualities*.

<sup>298</sup> EGAN, Darragh, Sean BRENNAN, John BARRETT, Yuansong QIAO, Christian TIMMERER a Niall MURRAY. *An evaluation of Heart Rate and ElectroDermal Activity as an objective QoE evaluation method for immersive virtual reality environments*.

<sup>299</sup> Dotazník je do velké míry podobný dotazníkům imerze či prezence – zkoumá např. jak moc byl uživatel pohlcený v prostředí, jak moc reálné mu prostředí připadalo či jak moc se cítil přítomen ve virtuálním světě.

realitě. Zároveň se prokázal rozdíl v elektrodermální aktivitě, jejíž hodnoty do určité míry s dotazníkem korelovaly. Autoři však poznamenávají nutnost dalšího výzkumu. Fyziologické funkce – konkrétně tepová a dechová frekvence – byly zkoumány také ve spojitosti s flow při hraní počítačových her<sup>300</sup>. Yu Tian poukazuje ve své studii na provázání tepové a dechové frekvence spolu s mírou flow, kterou prožívali respondenti při hraní počítačové hry.

V kontextu této kapitoly bychom rádi zmínili dva již citované výzkumy v této práci, a to studie Marka Grimshawa<sup>301</sup> a Raymonda Ushera<sup>302</sup> (viz kapitola 3), kteří prokázali vliv přítomnosti / absence zvuku na imerzi hráče a srdeční a dechovou frekvenci. Usher na výzkumu s 12 respondenty prezentoval, že hráči, kteří hráli se zapnutým zvukem, dosahovali vyšších hodnot tepové a dechové frekvence.

---

<sup>300</sup> TIAN, Yu, Yulong BIAN, Pigu HAN, Peng WANG, Fengqiang GAO a Yingmin CHEN. Physiological Signal Analysis for Evaluating Flow during Playing of Computer Games of Varying Difficulty.

<sup>301</sup> GRIMSHAW, Mark, Craig LINDLEY a Lennart NACKE. Sound and Immersion in the First-Person Shooter: Mixed Measurement of the Player's Sonic Experience.

<sup>302</sup> USHER, Raymond, Paul ROBERTSON a Robin SLOAN. Physical responses (arousal) to audio in games.

## 6.4. Hypotézy

Předchozí výzkumy prokázaly rozdílné vnímání prezenze, imerze a flow ve virtuální realitě (HMD) oproti monitoru / TV. Současně také poukazují na intenzivnější vnímání emocí spojených s hraním ve VR helmě. Vzhledem k tomu, že přítomnost zvuku také ovlivňuje naše vnímání, domníváme se, že rozdíl prožitku mezi absencí a přítomností zvukové složky bude při hraní her ve VR větší než na TV. Jestliže virtuální realita umocňuje naše vnímání daného obsahu, předpokládáme, že se tím prohloubí i vnímání rozdílů zvukové složky. Tento vliv jsme se rozhodli zkoumat na konceptech prezenze a flow. Záměrně jsme pro zkoumání nezvolili koncept imerze, která je v dotaznících často reprezentována otázkami vztahujícími se ke konkrétnímu obsahu. I přes to, že absence zvuku zasahuje do prožívání hry a do narativní a interaktivní složky imerze, domníváme se, že v případě prezenze jsme schopni tento rozdíl postihnout obecněji – nezávisle na herním obsahu. Abychom však byli schopni sledovat faktor toho, jak výrazně zasahuje absence zvuku nejen do pocitu prezenze, ale také naší schopnosti si hraní užít, rozhodli jsme se spolu s prezencí zkoumat právě flow, které může odhalit situace, kdy by nám absence zvuku výrazně znepríjemňovala plynulý herní zážitek.

Současně se zkoumáním flow a prezenze budeme monitorovat také fyziologické funkce – konkrétně srdeční a dechovou frekvenci. Předchozí výzkumy nepřinesly jednoznačné výsledky – Raymond Usher pozoroval zvýšení tepové a dechové frekvence při hraní her se zapnutým zvukem oproti hraní s vypnutým zvukem. Tento nárůst dává do souvislosti se zvýšeným pocitem prezenze při přítomnosti zvukové složky<sup>303</sup>. Hypotéze o souvislosti prezenze a srdeční frekvence však odporuje studie Darragha Egan, která pro dvě podmínky s rozdílnou mírou prezenze (TV – HMD) nepotvrdila rozdílné hodnoty tepové frekvence<sup>304</sup>. U obou studií narážíme na několik metodologických problémů. Usher pracuje s tzv. klidovou tepovou frekvencí – tedy základní tepová frekvence, kterou máme, když například sedíme v klidu na židli – a využívá jí jako výchozí bod pro své měření. Své výsledky však k této referenční hodnotě nijak nevztahuje – uvádí sice, že při přítomnosti zvuku stoupá srdeční frekvence, což dává do spojitosti právě s vyšším

---

<sup>303</sup> USHER, Raymond, Paul ROBERTSON a Robin SLOAN. Physical responses (arousal) to audio in games.

<sup>304</sup> EGAN, Darragh, Sean BRENNAN, John BARRETT, Yuansong QIAO, Christian TIMMERER a Niall MURRAY. An evaluation of Heart Rate and ElectroDermal Activity as an objective QoE evaluation method for immersive virtual reality environments.



pocitem prezenze, avšak nijak nerozvádí, jak obecně pocit prezenze působí na tepovou frekvenci. Studie zároveň vynechává důležité informace – např. uvádí, že p-hodnota dosahovala statisticky významných hodnot, avšak již přesně nespecifikuje, jaké parametry porovnával – hovoří o maximální a minimální tepové frekvenci v průběhu hraní, ale nespecifikuje, jakým způsobem postupoval při analýze dat.

Studie Darragha Egana otázku klidové frekvence taktéž nereflektuje (byť o jejím měření píše, dále její hodnoty nerozvádí). Narážíme zde však na jiný problematický faktor, kterým je design experimentu – místo dvou skupin respondentů využívá jednu skupinu, která absolvuje test ve virtuální realitě i na monitoru. Testování probíhalo bez časového odstupu na krátkých dvouminutových ukázkách, u kterých se změna srdečního tepu nemusí dostatečně projevit. Podobně i Federica Pallaviciniová zkoumala srdeční tep na krátkých – čtyřminutových ukázkách bez reflektování klidových hodnot tepové frekvence. Vzhledem k disproporcím výsledků předchozích výzkumů jsme se rozhodli ověřit fyziologické hodnoty srdeční a dechové frekvence<sup>305</sup> pro rozdílné platformy (TV x VR) v závislosti na přítomnosti zvuku a v kontextu klidové tepové frekvence<sup>306</sup>.

---

<sup>305</sup> Z důvodu náročnosti experimentu a zároveň složitosti vyhodnocení jsme nebyli schopni zrealizovat měření elektrodermální aktivity, které prováděli Egan a Pallaviciniová.

<sup>306</sup> Klidovou hodnotu dechové frekvence neměříme, jelikož lze, na rozdíl od srdečního tepu, vědomě ovlivňovat, což by mohlo vést ke zkreslení výsledků.

Hypotézy tohoto výzkumu tedy jsou:

- H<sub>1</sub>: Předpokládáme, že rozdíl v prezenci a flow mezi skupinami respondentů hrající se zvukem (S<sub>ON</sub>) a beze zvuku (S<sub>OFF</sub>) bude při hraní ve virtuální realitě větší než při hraní na televizi.
- H<sub>1A</sub>: Předpokládáme, že skupina respondentů se zapnutým zvukem bude během hraní prožívat větší pocit prezence a flow než skupina respondentů s vypnutým zvukem.
- H<sub>1B</sub>: Předpokládáme, že helma pro virtuální realitu bude poskytovat větší pocit prezence a flow než televize.
- H<sub>2</sub>: Předpokládáme, že oproti klidové tepové frekvenci budou respondenti v obou skupinách mít během hraní vyšší tepovou frekvenci.
- H<sub>3</sub>: Předpokládáme, že tepová a dechová frekvence bude v prostředích s vyšší mírou prezence vykazovat vyšší hodnoty – konkrétně: hodnoty ve VR budou vyšší než při hraní na TV a hodnoty ve skupině se zapnutým zvukem (S<sub>ON</sub>) budou vyšší než ve skupině se zvukem vypnutým (S<sub>OFF</sub>).

## 6.5. Metody

Zkoumání efektu zvuku ve virtuální realitě bylo součástí širšího experimentu, a část metod je tak shodná s již vydanými články<sup>307,308</sup>.

### 6.5.1. Výběr technologie a testovaných her

Pro experiment jsme využili 42palcovou televizi a herní konzoli Playstation 4 PRO s VR headsetem Playstation VR a ovladačem Dualshock 4. Pro zvukovou reprodukci jsme použili uzavřená sluchátka Sony MDR 7506. Playstation VR byla v době výzkumu nejprodávanější VR platformou<sup>309</sup>, a vybraná technologie tak odpovídá standardům, v nichž hráči běžně počítačové hry ve svých domácnostech hrají. Hry byly prezentovány v binaurálním zvuku během obou testovacích podmínek (jak při hraní na televizi, tak ve virtuální realitě).

Hry jsme zvolili na základě několika kritérií – tím hlavním byla možnost hrát hru jak na televizi, tak ve virtuální realitě bez výrazných změn či omezení. Toto kritérium zredukovalo výběr na jednotky kusů, jelikož většina her byla k dispozici pouze pro televizi, anebo pouze pro virtuální realitu. Dalším kritériem byla rozdílnost herních žánrů pro každou ukázkou, abychom získali větší variabilitu výsledků. Posledním kritériem byl potenciál pro navození flow – tedy, aby herní ukázky nebyly pro hráče nudné, anebo naopak, aby nebyly příliš složité. Tento faktor se promítl nejen do výběru her, ale následně do výběru samotných ukázek. Po aplikování prvního kritéria na konzistentnost ukázek napříč platformami jsme získali sedm her, z nichž jsme na základě testu a subjektivního posouzení každé z nich vybrali: *Rez Infinite* (Resonair, 2016) a *Resident Evil 7: Biohazard* (Capcom, 2017).

První jmenovaná je hudební hra, ve které hráč vidí svého avatara z pohledu třetí osoby – kamera je umístěna za avatarem (viz Obrázek 26). Postava hráče letí

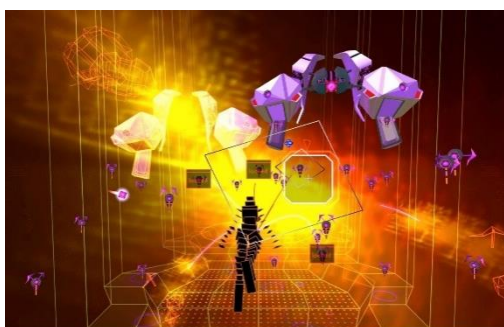
---

<sup>307</sup> ORAMUS, Tomáš a Kateřina LUKAVSKÁ. Prožitek flow a zkreslené vnímání času při hraní *Rez Infinite* a *Resident Evil*. Vliv konkrétní herní platformy a zvuku na flow a přesnost vnímání času.

<sup>308</sup> ORAMUS, Tomáš a Kateřina LUKAVSKÁ. Comparison of the Effect of Control Mapping on Players' Presence in Different Environments.

<sup>309</sup> Unit shipments of virtual reality (VR) devices worldwide from 2017 to 2019 (in millions), by vendor. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/671403/global-virtual-reality-device-shipments-by-vendor/>.

virtuálním tunelem, ve kterém má za úkol střílet do nepřátel, kteří mu mohou ublížit (hráč je veden k tomu, aby jeho akce – střelba po nepřátelích – rytmicky korespondovala s hudebním doprovodem). Jednotlivé ruchy jsou rytmizovány podle hudební stopy, a hráč má tak pocit, že díky jeho akcím doplňuje hudební doprovod. Hra se nesnaží o rekonstrukci reality, svou vektorovou grafikou a elektronickým soundtrackem připomíná estetiku 80. let (např. film *Tron*, rež. Steven Lisberger, 1982). Druhá vybraná hra *Resident Evil 7* je hororová adventura z pohledu první osoby (viz Obrázek 27), ve které hráč prochází opuštěnou usedlostí a naráží zde na zombie a další nadpřirozená monstra. Oproti *Rez Infinite* se snaží o co nejnaturalističtější ztvárnění a klade velký důraz na narativní složku.



Obrázek 26 *Rez Infinite*<sup>310</sup>



Obrázek 27 *Resident Evil 7: Biohazard*<sup>311</sup>

Ve hře *Rez Infinite* hráči absolvovali první úroveň hry v délce přibližně 10 minut. Interakce hráče je zde relativně omezená – může pouze zaměřovat (pomocí směrové páčky ovladače, případně pohybem hlavy ve virtuální realitě) a střílet pomocí tlačítka X. Výhodou této hry je její časová linearita, jelikož průběh hry je závislý na přehrávané hudební stopě (s určitou možností variace), takže délka testu byla i v případě různého postupu jednotlivých hráčů velmi podobná.

Ze hry *Resident Evil 7* byl vybrán úsek, v němž se hráč ocitá ve starém vybydleném domě a hledá svou snoubenku. Oproti *Rez Infinite* je pro tuto hru typická vysoká variabilita hráčových akcí (dům lze libovolně prozkoumávat), a rozpětí délky hry u jednotlivých hráčů bylo logicky větší. První část ukázky je explorativního charakteru, kdy hráč prochází sklepem domu a najde svou snoubenku. Po chvíli, co se snaží společně utéct, snoubenka opět zmizí a objeví se ke konci ukázky proměněna v zombie – zde ukázka graduje sérií „lekaček“ a vypjatou bojovou sekvencí. Hráč se pohybuje pomocí páček na ovladači, dle

<sup>310</sup> *Rez Infinite* [videohra].

<sup>311</sup> *Resident Evil 7: Biohazard* [videohra].

standardního schématu (levou páčkou ovládá pohyb dopředu / dozadu a úkroky do stran a pravou se otáčí a rozhlíží). V případě virtuální reality se hráč rozhlíží pohybem vlastní hlavy a pravou páčkou se pouze otáčí v prostoru. Otáčení je ve virtuální realitě skokové (po 30°) pro zmírnění motion sickness efektu (kinetózy). Ve virtuální realitě byly navíc určité pohyby (např. při pohybu blízko jiných předmětů nebo při velmi rychlých pohybech) nahrazeny prostřihem přes černou obrazovku. Zároveň byl pohyb ve virtuální realitě celkově pomalejší.

Obě hry disponovaly ve virtuální realitě zhoršenou grafickou stránkou, která byla způsobena jednak nižším rozlišením displeje brýlí virtuální reality<sup>312</sup>, ale také omezeným výkonem. Z tohoto důvodu byly oproti TV vypuštěny i některé vizuální efekty (např. světelné efekty v *Resident Evil 7*).

---

<sup>312</sup> Rozlišení displeje PS VR headsetu je 960x1080px pro každé oko, rozlišení TV bylo 1920x1080px (Full HD).

### 6.5.2. Účastníci experimentu

Respondenti byli vybráni „metodou sněhové koule“ a samovýběrem na základě výzvy studentům FAMU. Celkový počet respondentů byl 45 (35 mužů a 10 žen, z toho 11 respondentů ve věku 18–25 let, 24 respondentů ve věku 25–35 let, 8 respondentů ve věku 35–45 let a 2 respondenti starší 45 let). Všichni měli zkušenost s hraním počítačových her. Dvacet dva respondentů uvedlo, že hry nehraje pravidelně (méně než jednou týdně), u ostatních byla průměrná doba strávená hraním šest hodin týdně. Třináct testovaných nikdy nevyzkoušelo virtuální realitu, 25 mělo předešlou jednorázovou zkušenost a sedm mělo s hraním ve virtuální realitě častou zkušenost. Jeden z respondentů byl z výzkumu vyřazen, jelikož mu hraní způsobovalo fyzickou nevolnost, a jeden byl vyřazen, protože nebyl schopen absolvovat obě části experimentu. Celkově tak pracujeme s daty 43 respondentů.

Respondenti byli náhodně rozděleni do dvou podobně velkých skupin – skupina  $S_{OFF}$  (21 respondentů), která hrála hry beze zvuku, a skupina  $S_{ON}$  (22 respondentů), která hrála se zapnutým zvukem. Respondenti absolvovali dvě návštěvy v testovací laboratoři – interval mezi návštěvami byl minimálně tři týdny. Během jedné návštěvy hráli na televizi, během druhé ve virtuální realitě. Abychom zabránili vlivu pořadí herního prostředí (televize – virtuální realita), hrála polovina respondentů nejprve na televizi a poté ve virtuální realitě, druhá polovina v obráceném pořadí.

V průběhu testování se u některých respondentů výrazně projevil efekt kinetózy, a nebyli tak schopni ukázky dokončit. Pro dané ukázky tak nebyly jejich hodnoty zaznamenány. U *Rez Infinite* se jednalo o jednoho respondenta ze  $S_{OFF}$  při hraní ve virtuální realitě. *Resident Evil 7* nebyli schopni dokončit dva respondenti (jeden ze skupiny  $S_{ON}$ , jeden ze skupiny  $S_{OFF}$ ) při hraní ve virtuální realitě – viz Tabulka 6.

<i>Respondenti</i>	<i>Rez Infinite</i> <i>TV</i>	<i>Rez Infinite</i> <i>VR</i>	<i>Resident Evil 7</i> <i>TV</i>	<i>Resident Evil 7</i> <i>VR</i>
<i>S<sub>OFF</sub></i>	21	20	21	20
<i>S<sub>ON</sub></i>	22	22	22	21
<i>Celkem</i>	43	42	43	41

Tabulka 6 Tabulka respondentů

### 6.5.3. Zkoumané proměnné

Sledovali jsme dvě hlavní proměnné – flow a prezenci. Pro zkoumání flow jsme využili 10položkový validovaný Flow Short Scale dotazník<sup>313</sup> (viz Tabulka 7)<sup>314</sup> s jednou výslednou komponentou – flow. Prezenci jsme měřili pomocí validovaného IPQ dotazníku (viz Tabulka 8)<sup>315</sup>, který má čtyři komponenty:

- Sense of Being There - (SENSE) - pocit přenesení do virtuálního prostoru
- Spatial Presence (SP) - prostorová prezence
- Involvement (INV) - zapojení<sup>316</sup>
- Realism (REAL) – realismus

Při výběru jsme zvažovali také varianty jiných dotazníků – především dotazník ITC-SOPI<sup>317</sup>, jelikož jedním ze zkoumaných atributů jsou „negativní efekty“, které zohledňují potenciální fyzickou nevolnost. Dotazník jsme nakonec nevyužili kvůli jeho délce (44 otázek), která nám v kombinaci s flow dotazníkem a celkovým množstvím ukázek přišla pro respondenty nepřiměřeně obsáhlá. Finální volba tak padla na dotazník IPQ. Účastníci vyjadřovali míru souhlasu s každým výrokem na škále 0–6. Otázky 2 a 11 měly invertovanou škálu.

Součástí experimentu bylo také fyziologické měření – konkrétně měření srdečního tepu a dechové frekvence. Srdeční tep jsme měřili pomocí chytrého náramku FitBit Charge 2 HR, který zaznamenával hodnoty v intervalu tří vteřin, a dechovou frekvenci pomocí senzoru Spire IO, který zaznamenával hodnoty v intervalu jedné minuty.

---

<sup>313</sup> Dotazník má celkem 13 položek, pro potřeby tohoto experimentu jsme však použili pouze otázky vztahující se k měření flow.

<sup>314</sup> VOLLMEYER, Regina a Falko RHEINBERG. Motivational Effects on Self-Regulated Learning with Different Tasks.

<sup>315</sup> Igroup presence questionnaire (IPQ). Dostupné z: <http://www.igroup.org/pq/ipq/index.php>.

<sup>316</sup> V rámci udržení překladatelských konvencí této práce používáme pro termín involvement překlad „zapojení“, avšak IPQ dotazník svou stavbou tímto termínem sleduje spíše zaujetí virtuálním světem vedoucí k mentálnímu odříznutí se od světa reálného než naši snahu aktivně se do něj zapojovat.

<sup>317</sup> LESSITER, Jane, Jonathan FREEMAN, Edmund KEOGH a Jules DAVIDOFF. A Cross-Media Presence Questionnaire.

<i>Flow Short Scale – FKS dotazník</i>	
<i>No.</i>	<i>Otázka</i>
1.	Cítím se optimálně zatížený/á.
2.	Moje myšlenky, popř. aktivity běží plynule a hladce.
3.	Vůbec nepozoruji, jak čas utíká.
4.	Nemusím se namáhat, abych se koncentroval/a.
5.	Mám úplně jasnou hlavu.
6.	Jsem zcela pohroužen/a do toho, co dělám.
7.	Správné myšlenky/pohyby přicházejí jakoby samy od sebe.
8.	U každého kroku vím, co mám udělat.
9.	Mám pocit, že mám průběh pod kontrolou.
10.	Jsem zcela zabloubaný, že nevnímám okolí.

*Tabulka 7 Flow Short Scale dotazník*



<i>Igroup Presence Questionnaire – IPQ dotazník</i>		
<i>No.</i>	<i>Atribut</i>	<i>Otázka</i>
1.	INV	Jak moc jste si byl(a) vědom(a) okolního (skutečného) světa při pohybu ve virtuálním světě (např. zvuky, pokojová teplota, ostatní lidé...)?
2.	REAL	Jak moc reálný (uvěřitelný) vám připadal virtuální svět? ( <i>Invertovaná škála</i> )
3.	SP	Měl(a) jsem pocit, že činnosti ve hře skutečně vykonávám, spíše, než že působím jako někdo z vnějšku.
4.	REAL	Jak moc odpovídal zvukový zážitek z virtuálního světa tomu, co znáte ze skutečnosti?
5.	REAL	Jak moc skutečný vám připadal virtuální svět?
6.	SP	Necítil(a) jsem se přítomen(na) ve virtuálním světě.
7.	INV	Nevnímal(a) jsem své skutečné okolí.
8.	SENSE	Měl(a) jsem pocit, že "já" jsem skutečně ve virtuálním světě.
9.	SP	Cítil(a) jsem, že mě virtuální svět obklopuje.
10.	SP	Cítil(a) jsem se přítomen(na) ve virtuálním prostoru
11.	INV	Zvládal(a) jsem vnímat svět okolo mě. ( <i>Invertovaná škála</i> )
12.	REAL	Virtuální svět mi přišel více skutečný než svět reálný.
13.	SP	Když si vzpomenete na proběhlou ukázkou, přemýšlíte o ní, jako o něčem, co jste slyšel(a), nebo jako o místě, kde jste byl(a)?
14.	INV	Byl(a) jsem úplně pohlcen(na) virtuálním světem.

*Tabulka 8 IPQ dotazník*

#### 6.5.4. Metoda experimentu

Experiment probíhal v laboratoři MysLab na Pedagogické fakultě Univerzity Karlovy v Praze (viz Obrázek 28) od března do června 2018. Testování každého respondenta sestávalo ze dvou návštěv – během jedné z nich hrál respondent obě hry na televizi a během druhé z nich hrál obě hry ve virtuální realitě Playstation VR. Vzhledem k tomu, že při obou návštěvách byly ukázky stejné, hrála polovina respondentů nejprve na televizi a polovina ve virtuální realitě, aby se zamezilo vlivu pořadí a předešlo případnému zkreslení výsledků.



Obrázek 28 Testování v laboratoři MysLab<sup>318</sup>

Na začátku první návštěvy jsme účastníky podle pořadí svého příchodu střídavě rozřadili do jedné ze dvou testovaných skupin ( $S_{OFF}$ ) beze zvuku / se zvukem ( $S_{ON}$ ). Stejným principem jsme následně určili, zdali budou hrát nejprve na televizi, nebo ve virtuální realitě. Respondenta jsme po úvodní instruktaži a vyplnění informovaného souhlasu osadili senzory pro měření srdečního tepu a dechu, které měl na sobě po dobu celého experimentu. Na začátku jsme změřili klidovou tepovou frekvenci<sup>319</sup>, potom vyplnil úvodní dotazník se základními informacemi – věk, pohlaví a zkušenost s hraním počítačových her. Pak respondent odehrál první ukázkou ze hry *Rez Infinite*, která trvala přibližně 10 minut a vyplnil

---

<sup>318</sup> Foto: autor práce

<sup>319</sup> Dechovou klidovou frekvenci jsme neměřili, vzhledem k jejímu možnému vědomému ovlivnění.

dotazník flow a dotazník IPQ a pokračoval druhou hrou *Resident Evil 7* (ukázka trvala přibližně 15–30 minut), po jejímž dohrání opět vyplnil dotazníky. Pořadí ukázek bylo vždy stejné, jelikož je mezi sebou dále neporovnáváme, ale analyzujeme samostatně.

Všichni hráči, kteří hráli se zvukem, měli hlasitost nastavenou na shodnou úroveň<sup>320</sup>, a všichni respondenti (včetně těch, kteří hráli bez zvuku) měli z důvodu zvýšení konzistence experimentu během testu na hlavě sluchátka.

Druhá návštěva probíhala shodně, vyjma vyplňování úvodního dotazníku a testovaného herního prostředí. Každý respondent tedy vyplnil čtyři flow a čtyři IPQ dotazníky přímo do aplikace *Google Forms*, ze které byla data dále statisticky analyzována.

---

<sup>320</sup> Úroveň hlasitosti jsme nastavili na základě subjektivního poslechu před realizací experimentu.

### 6.5.5. Analýza dat

Data jsme analyzovali v softwaru *Jamovi*<sup>321</sup>. Odpovědi z dotazníků jsme získali z *Google Forms* ve formě tabulky, avšak hodnoty ze senzorů FitBit a SpireIO byly k dispozici pouze jako nezpracovaná data. Před samotnou analýzou bylo potřeba je upravit, především definovat časové úseky podle trvání jednotlivých ukázek pro měření průměrných hodnot. V průběhu procesu zpracování se ukázalo, že senzor SpireIO měl během měření časté výpadky, takže jsme museli některé respondenty z vyhodnocení dechové frekvence vyřadit (ať již z důvodu, že data chyběla kompletně, nebo nastal u testované ukázky výpadek). Veškerá data jsme analyzovali pro každou z herních ukázek zvlášť.

Nejprve jsme pro dílčí hypotézu  $H_{1A}$  provedli dvouvýběrové T-Testy, kterými jsme zjišťovali rozdílnost skupin  $S_{ON}$  x  $S_{OFF}$  – odděleně pro hraní na televizi a ve virtuální realitě. Následně jsme provedli analýzu rozptylu pro opakovaná měření (ANOVA) - první měření bylo reprezentováno hrou na televizi, druhé hraním ve virtuální realitě s faktorem zapnutý / vypnutý zvuk ( $S_{ON}$  x  $S_{OFF}$ ). Nejprve jsme analyzovali vliv platformy (TV x VR) na prezenci a flow ( $H_{1B}$ ) a následně interakci platformy s parametrem zvuku ( $H_1$ ) - (platforma \* zvuk), pomocí které jsme zjišťovali, zdali proměnná přítomnosti zvuku ovlivňuje hodnoty prezence a flow jinak při hraní na TV než ve virtuální realitě<sup>322</sup>.

Pro ověření hypotézy  $H_2$  jsme provedli párový T-Test mezi klidovou tepovou frekvencí a tepovou frekvencí v průběhu hraní. Párový T-Test jsme prováděli zvlášť pro jednotlivé hry a skupiny  $S_{ON}$  a  $S_{OFF}$ . Pro analýzu porovnávající tepovou frekvenci při hraní na TV a ve VR ( $H_3$ ) jsme pro eliminaci vlivu potenciálně rozdílných klidových hodnot srdečního tepu při jednotlivých návštěvách neporovnávali absolutní hodnoty srdečního tepu, ale rozdíly hodnot mezi klidovou tepovou frekvencí a frekvencí v průběhu hraní ( $\Delta TF$ ). Stejně jako v případě prezence a flow jsme provedli analýzu rozptylu na opakovaných měřeních (TV x VR) s faktorem přítomnosti zvuku. Pro měření dechové frekvence ( $H_3$ ) jsme

---

<sup>321</sup> *The jamovi project* [online]. Dostupné z: <https://www.jamovi.org/>.

<sup>322</sup> Metodu dvouvýběrového T-Testu jsme zvolili pro analýzu hypotézy  $H_{1A}$  z důvodu, že ANOVA vyžaduje úplná data pro všechny měření. Vzhledem k absenci rozdílných uchazečů v jednotlivých podmínkách testu, bychom je tak při využití analýzy rozptylu museli vyřadit i v případě, že pro testování vlivu zvuku při daném měření (TV nebo VR) měli svá data kompletní.

postupovali obdobně, avšak vzhledem k absenci klidových hodnot jsme porovnávali absolutní hodnoty dechové frekvence v průběhu hry.

Výsledky a jejich interpretaci jsme konzultovali s Mgr. Kateřinou Lukavskou, Ph.D. z katedry psychologie Pedagogické fakulty Univerzity Karlovy a doc. RNDr. Jiřím Novotným, DSc. z katedry fyziologie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy.

## 6.6. Výsledky

### 6.6.1. Efekt zvuku a platformy na prezenci

Získaná data pro jednotlivé hry ukazuje Tabulka 9 (*Rez Infinite*) a Tabulka 10 (*Resident Evil 7*). Tabulky obsahují průměrné hodnoty (M) spolu se standardní chybou (SE) pro jednotlivé komponenty prezence a flow. Hodnoty jsou uvedeny zvlášť pro skupiny  $S_{OFF}$  a  $S_{ON}$ , a to jak při hraní na televizi (TV), tak ve virtuální realitě (VR). V dalších sloupcích tabulky jsou uvedeny hodnoty statistické významnosti pro analýzu rozdílu prezence a flow mezi testovanými skupinami se zvukem a beze zvuku ( $H_{1A}$ ) – analyzované zvlášť v prostředí virtuální reality a na televizi. Hodnoty statistické významnosti pro vliv platformy na prezenci a flow<sup>323</sup> (hypotéza  $H_{1B}$ ) jsou uvedeny v Tabulce 11 a Tabulce 12 spolu s dalšími hodnotami analýzy rozptylu ANOVA.

Hypotéza  $H_{1A}$  – tedy vliv přítomnosti zvuku na prezenci a flow se u obou testovaných her prokázala u atributu zapojení při měření ve virtuální realitě se střední až velkou velikostí účinku (*Rez Infinite* VR – **INV**:  $p = 0,04$ ;  $d = 0,655$  a *Resident Evil 7* VR – **INV**:  $p = 0,002$ ;  $d = 1,017$ ). V případě *Resident Evil 7* se prokázal vliv zvuku také na atribut prostorové prezence se středním efektem účinku při hraní ve virtuální realitě (*Resident Evil 7* VR – **SP**:  $p = 0,029$ ;  $d = 0,708$ ). Hypotéza  $H_{1B}$  se prokázala u obou her ve všech sledovaných attributech – hodnoty statistické významnosti se pohybovaly v intervalu od  $p < 0,001$  po  $p = 0,002$  s výrazně nižšími průměrnými hodnotami prezence a flow při hraní na televizi a velkým efektem účinku ( $\eta^2_p$  bylo ve všech sledovaných případech větší než 0.14).

---

<sup>323</sup> Jelikož v hypotéze  $H_{1B}$  zkoumáme vliv virtuální reality obecně, analyzujeme skupiny respondentů  $S_{OFF}$  a  $S_{ON}$  společně.

<i>Rez Infinite</i>	<i>TV SOFF</i> <i>M</i> <i>(SE)</i>	<i>TV SON</i> <i>M</i> <i>(SE)</i>	<i>VR SOFF</i> <i>M</i> <i>(SE)</i>	<i>VR SON</i> <i>M</i> <i>(SE)</i>	<i>TV SOFF x SON</i> <i>p</i> <i>(d)</i>	<i>VR SOFF x SON</i> <i>p</i> <i>(d)</i>
<i>Přenesení do virtuálního prostoru (SENSE)</i>	0,95 (0,244)	0,96 (0,233)	2,70 (0,436)	3,32 (0,338)	0,995 (0,002)	0,264 (0,350)
<i>Prostorová prezence (SP)</i>	1,37 (0,234)	1,80 (0,291)	3,31 (0,300)	4,00 (0,213)	0,260 (0,348)	0,064 (0,588)
<i>Zapojení (INV)</i>	2,10 (0,266)	2,38 (0,384)	3,61 (0,379)	4,57 (0,258)	0,556 (0,181)	0,040 * (0,655)
<i>Realismus (REAL)</i>	0,56 (0,154)	0,89 (0,197)	1,19 (0,188)	1,32 (0,236)	0,201 (0,397)	0,671 (0,132)
<i>Flow</i>	3,27 (0,245)	3,74 (0,202)	4,24 (0,239)	4,75 (0,173)	0,142 (0,457)	0,091 (0,540)

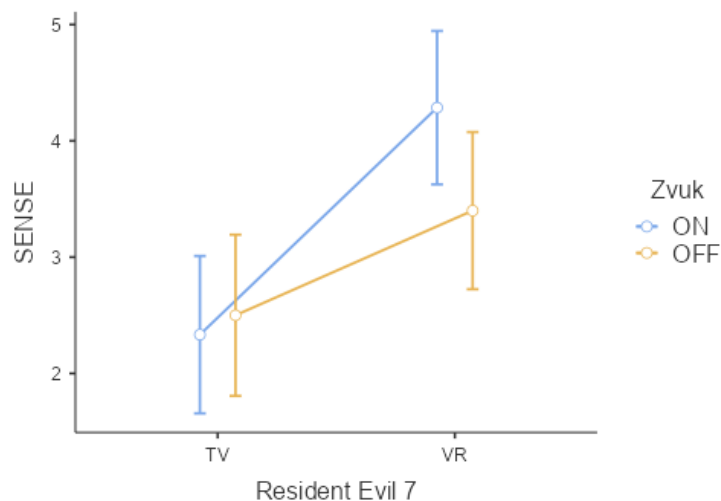
Tabulka 9 Hodnoty prezence a flow pro Rez Infinite

<i>Resident Evil 7</i>	<i>TV SOFF</i> <i>M</i> <i>(SE)</i>	<i>TV SON</i> <i>M</i> <i>(SE)</i>	<i>VR SOFF</i> <i>M</i> <i>(SE)</i>	<i>VR SON</i> <i>M</i> <i>(SE)</i>	<i>TV SOFF x SON</i> <i>p</i> <i>(d)</i>	<i>VR SOFF x SON</i> <i>p</i> <i>(d)</i>
<i>Přenesení do virtuálního prostoru (SENSE)</i>	2,48 (0,313)	2,41 (0,340)	3,40 (0,336)	4,29 (0,325)	0,886 (-0,044)	0,065 (0,593)
<i>Prostorová prezence (SP)</i>	2,76 (0,258)	2,79 (0,293)	3,84 (0,229)	4,48 (0,166)	0,941 (0,023)	0,029 * (0,708)
<i>Zapojení (INV)</i>	2,26 (0,227)	2,92 (0,310)	3,83 (0,298)	4,93 (0,171)	0,081 (0,546)	0,002 * (1,017)
<i>Realismus (REAL)</i>	2,69 (0,249)	2,66 (0,241)	3,01 (0,260)	3,37 (0,244)	0,928 (-0,028)	0,323 (0,313)
<i>Flow</i>	3,17 (0,223)	3,69 (0,249)	3,79 (0,237)	4,28 (0,197)	0,129 (0,472)	0,117 (0,500)

Tabulka 10 Hodnoty prezence a flow pro Resident Evil 7

### 6.6.2. Vliv interakce platformy a zvuku na prezenci

Tabulka 11 a Tabulka 12 ukazují rozdíl průměrných hodnot skupin  $S_{OFF}$  a  $S_{ON}$  pro televizi a virtuální realitu. Dále prezentuje vliv platformy (porovnání prezence mezi televizí a virtuální realitou), a především interakci platformy a zvuku (reprezentováno p-hodnotou platforma \* zvuk). Ta nám udává, zdali je vliv přítomnosti zvukové složky na prezenci a flow rozdílný pro jednotlivé testované případy – konkrétně TV a VR. Kromě p-hodnoty uvádíme v tabulce také  $\eta^2_p$ <sup>324</sup> – velikost účinku pro opakované měření. Z výsledků je patrné, že rozdílný vliv zvuku se projevil pouze u jednoho zkoumaného parametru – přenesení do virtuálního prostoru u hry *Resident Evil 7* (viz Graf 1) a to pouze s malým účinkem (*Resident Evil 7* – **SENSE**:  $p = 0,037$ ;  $\eta^2_p = 0,107$ ). V ostatních případech se interakce platformy a zvuku neprojevila – p-hodnoty se pohybovaly v intervalu od 0.078 do 0.920. Můžeme sice v rozdílových hodnotách průměrů skupin  $S_{OFF}$  a  $S_{ON}$  sledovat tendence větších rozdílů ve virtuální realitě než při hraní na televizi, avšak nemůžeme určit, zdali se jedná o statistickou chybu nebo tendenci, která by se potvrdila s větším souborem respondentů.



Graf 1 Interakce platformy a zvuku; pocit přenesení ve hře Resident Evil 7

<sup>324</sup> Parciální éta na druhou (Partial Eta Squared) se při analýze rozptylu (ANOVA) používá k určení velikosti efektu. Svým významem ji můžeme připodobnit ke Cohenovu  $d$ , avšak způsob jejího výpočtu je odlišný. Podobně jako u Cohenova  $d$  existují intervaly, které vyjadřují sílu tohoto efektu:  $\eta^2_p < 0,01$  – malá velikost;  $\eta^2_p < 0,06$  střední velikost;  $\eta^2_p < 0,14$  velká velikost efektu.



<i>Rez Infinite</i>	<i>Rozdíl průměrů pro TV:</i> <i>SON - SOFF</i> <i>(SE)</i>	<i>Rozdíl průměrů pro VR:</i> <i>SON - SOFF</i> <i>(SE)</i>	<i>platforma (TV x VR)</i> <i>p</i> <i>(<math>\eta^2_p</math>)</i>	<i>platforma * zvuk</i> <i>p</i> <i>(<math>\eta^2_p</math>)</i>
<i>Přenesení do virtuálního prostoru (SENSE)</i>	-0,046 (0,335)	0,618 (0,546)	<0,001 * (0,609)	0,447 (0,015)
<i>Prostorová prezenze (SP)</i>	0,400 (0,384)	0,690 (0,363)	<0,001 * (0,753)	0,440 (0,015)
<i>Zapojení (INV)</i>	0,362 (0,477)	0,956 (0,451)	<0,001 * (0,615)	0,218 (0,038)
<i>Realismus (REAL)</i>	0,336 (0,258)	0,131 (0,305)	<0,001 * (0,347)	0,381 (0,019)
<i>Flow</i>	0,411 (0,319)	0,505 (0,291)	<0,001 * (0,489)	0,761 (0,002)

Tabulka 11 Interakce platformy a zvuku v Rez Infinite

<i>Resident Evil 7</i>	<i>Rozdíl průměrů pro TV:</i> <i>SON - SOFF</i> <i>(SE)</i>	<i>Rozdíl průměrů pro VR:</i> <i>SON - SOFF</i> <i>(SE)</i>	<i>platforma (TV x VR)</i> <i>p</i> <i>(<math>\eta^2_p</math>)</i>	<i>platforma * zvuk</i> <i>p</i> <i>(<math>\eta^2_p</math>)</i>
<i>Přenesení do virtuálního prostoru (SENSE)</i>	-0,167 (0,479)	0,886 (0,467)	<0,001 * (0,468)	0,037 * (0,107)
<i>Prostorová prezenze (SP)</i>	-0,069 (0,401)	0,636 (0,281)	<0,001 * (0,549)	0,078 (0,077)
<i>Zapojení (INV)</i>	0,798 (0,396)	1,104 (0,339)	<0,001 * (0,623)	0,485 (0,013)
<i>Realismus (REAL)</i>	-0,010 (0,361)	0,357 (0,356)	0,002 * (0,212)	0,226 (0,037)
<i>Flow</i>	0,459 (0,341)	0,491 (0,306)	0,001 * (0,243)	0,920 (0,000)

Tabulka 12 Interakce platformy a zvuku v Resident Evil 7

### 6.6.3. Fyziologická měření

Tabulka 13 ukazuje výsledky párového T-Testu, ve kterém jsme porovnávali průměrnou klidovou tepovou frekvenci (TF klid) a průměr tepové frekvence za dobu hraní hry (TF hra)<sup>325</sup>. V téměř všech sledovaných případech (s výjimkou skupiny  $S_{OFF}$  hrající *Rez Infinite* na televizi) můžeme oproti hypotéze  $H_2$  sledovat snížení tepové frekvence v průběhu hry vůči klidové tepové frekvenci. U *Resident Evil 7* je toto snížení ve všech sledovaných případech statisticky signifikantní se střední až velkou silou efektu (p-hodnota se pohybuje v intervalu  $<0,001$  až po  $0,047$ ; hodnoty  $d$  jsou v rozmezí  $0,462$  až  $1,140$ ). Pokles tepové frekvence je v případě *Resident Evil 7* od  $3,0$  (TV  $S_{OFF}$ ) po  $7,7$  (TV  $S_{ON}$ ) tepů za minutu. Vizuální reprezentaci zobrazuje Graf 2 a Graf 3.

Tabulka 14 prezentuje změnu tepové frekvence při hraní vůči klidové hodnotě  $\Delta TF$  pro skupiny  $S_{OFF}$  a  $S_{ON}$  v podmínkách TV a VR. Udává také hodnoty statistické signifikance jednak pro porovnání skupin  $S_{OFF}$  a  $S_{ON}$ , zvláště v podmínkách TV a VR, a vliv platformy samotné. Nejedná se o porovnání absolutních hodnot tepové frekvence, ale relativních odchylek vztažených ke klidové tepové frekvenci dané skupiny v daném měření. Jediný statisticky signifikantní rozdíl byl mezi skupinami  $S_{OFF}$  a  $S_{ON}$  při hraní *Resident Evil 7* na televizi ( $S_{OFF}\Delta TF = -3,84$ ;  $S_{ON}\Delta TF = -7,94$ ;  $p = 0,041$ ).

Hodnoty dechové frekvence v Tabulce 15 (pracujeme s absolutními hodnotami) se pro obě hry při hraní ve virtuální realitě oproti televizi statisticky významně snížily (*Rez Infinite*:  $p = 0,023$ ;  $\eta^2_p = 0,191$ ; *Resident Evil 7*:  $p = 0,012$ ;  $\eta^2_p = 0,319$ ), avšak s malou velikostí účinku. Hodnoty dechové frekvence znázorňuje Graf 4 a Graf 5. Z důvodu častých výpadků měřených dat jsou testované skupiny přibližně o polovinu menší, a výsledky tak nereflktují celý testovaný soubor respondentů. Počty respondentů ( $N$ ) jsou uvedeny v Tabulce 15.

---

<sup>325</sup> Klidová tepová frekvence se měřila vždy na začátku návštěvy respondenta, avšak její hodnoty se pro jednotlivé hry mění, jelikož průměr je počítán z respondentů, kteří ukázkou dohráli do konce a jsou zařazeni do vyhodnocení.

<i>Tepová frekvence</i>	<i>TF klid TV</i> <i>M</i> <i>(SE)</i>	<i>TF hra TV</i> <i>M</i> <i>(SE)</i>	<i>TF klid VR</i> <i>M</i> <i>(SE)</i>	<i>TF hra VR</i> <i>M</i> <i>(SE)</i>	<i>Klid x hra TV</i> <i>p</i> <i>(d)</i>	<i>Klid x hra VR</i> <i>p</i> <i>(d)</i>
<i>Rez Infinite</i> <i>SOFF</i>	77,2 (2,22)	78,4 (2,04)	80,4 (1,83)	78,3 (2,35)	0,526 (-0,141)	0,155 (0,331)
<i>Rez Infinite</i> <i>SON</i>	78,2 (2,20)	75,5 (2,16)	79,3 (2,53)	79,0 (3,02)	0,102 (0,365)	0,870 (0,035)
<i>Resident Evil 7</i> <i>SOFF</i>	77,2 (2,22)	74,2 (2,22)	80,4 (1,83)	76,3 (2,39)	0,047 * (0,462)	0,007 * (0,671)
<i>Resident Evil 7</i> <i>SON</i>	78,2 (2,20)	70,5 (1,60)	79,5 (2,64)	74,4 (2,56)	<0,001 * (1,140)	<0,001 * (0,861)

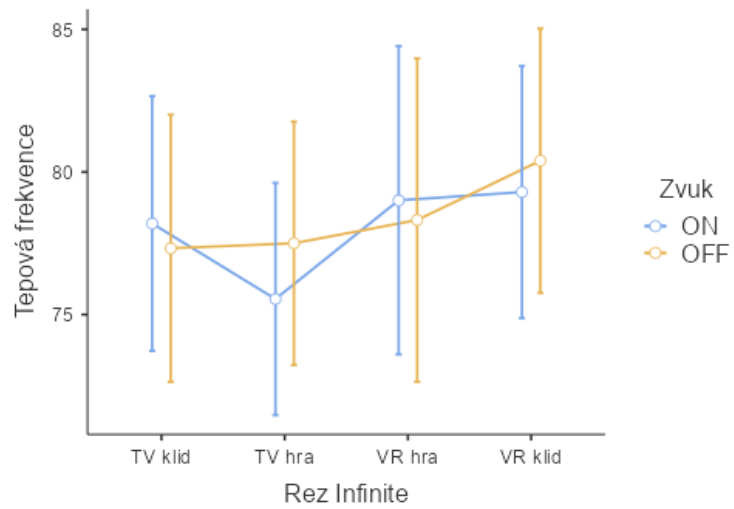
Tabulka 13 Hodnoty tepové frekvence (klidová a během hry)

<i>Tepová frekvence</i>	$\Delta TF TV$ <i>M</i> <i>(SE)</i>	$\Delta TF VR$ <i>M</i> <i>(SE)</i>	$\Delta TF TV$ <i>SOFF x SON</i> <i>p</i>	$\Delta TF VR$ <i>SOFF x SON</i> <i>p</i>	$\Delta TF platforma$ <i>p</i> $(\eta^2_p)$
<i>Rez Infinite</i> <i>SOFF</i>	0,175 (1,63)	-2,082 (1,65)	0,216	0,435	0,976 (0,000)
<i>Rez Infinite</i> <i>SON</i>	-2,647 (1,55)	-0,290 (1,57)			
<i>Resident Evil 7</i> <i>SOFF</i>	-3,84 (1,38)	-4,14 (1,35)	0,041 *	0,609	0,336 (0,024)
<i>Resident Evil 7</i> <i>SON</i>	-7,94 (1,35)	-5,11 (1,32)			

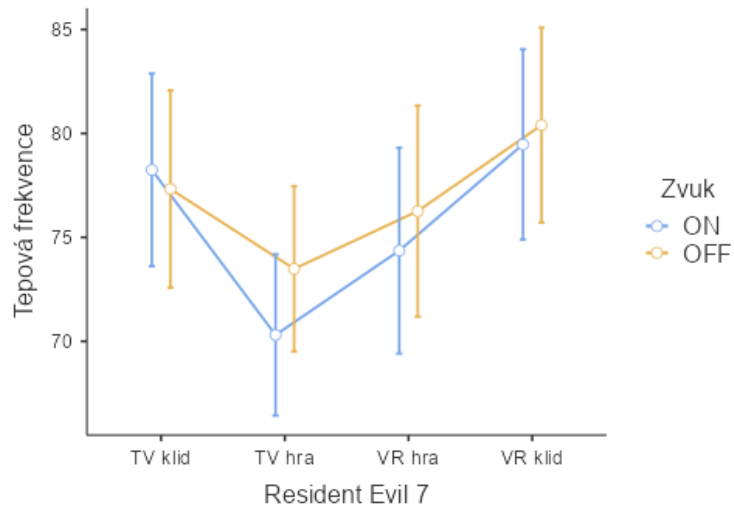
Tabulka 14  $\Delta TF$  herní a klidové tepové frekvence pro *SOFF* a *SON* a TV a VR

<i>Dechová frekvence</i>	<i>Počet odpovědí</i> <i>N</i>	<i>DF TV</i> <i>M</i> <i>(SE)</i>	<i>DF VR</i> <i>M</i> <i>(SE)</i>	<i>DF TV</i> <i>SOFF x SON</i> <i>p</i>	<i>DF VR</i> <i>SOFF x SON</i> <i>p</i>	<i>DF platforma</i> <i>p</i> $(\eta^2_p)$
<i>Rez Infinite</i> <i>SOFF</i>	12	20,9 (1,098)	18,9 (0,887)	0,183	0,149	0,023 * (0,191)
<i>Rez Infinite</i> <i>SON</i>	15	22,9 (0,982)	20,7 (0,793)			
<i>Resident Evil 7</i> <i>SOFF</i>	10	18,2 (0,565)	16,7 (0,805)	0,262	0,581	0,012 * (0,319)
<i>Resident Evil 7</i> <i>SON</i>	9	19,1 (0,595)	17,3 (0,849)			

Tabulka 15 Hodnoty dechové frekvence pro *SOFF* a *SON* a platformy TV a VR



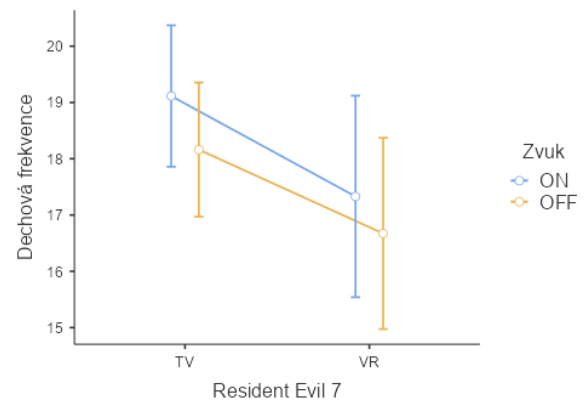
Graf 2 Klidová tepová frekvence a tepová frekvence během Rez Infinite



Graf 3 Klidová tepová frekvence a tepová frekvence během Resident Evil 7



Graf 4 Dechová frekvence během hraní Rez Infinite



Graf 5 Dechová frekvence během hraní Resident Evil 7

## 6.7. Diskuze

Podařilo se nám v souladu s dřívějšími studii potvrdit dílčí hypotézu  $H_{1B}$ , kdy jsme pro všechny sledované atributy prezenze a flow prokázali vliv platformy, a to s velkým efektem účinku. Oproti tomu hypotéza  $H_{1A}$  – tedy vliv přítomnosti zvuku na prezenci se prokázala pouze u atributu zapojení (obě hry) a prostorové prezenze (*Resident Evil 7*), a to pouze při hraní ve virtuální realitě. Tyto výsledky jsou překvapivé především v kontextu dřívějších prací – např. vůči studii Marka Grimshawa, který prokázal vliv přítomnosti zvuku na imerzi a flow<sup>326</sup>. Jelikož můžeme téměř u všech atributů sledovat nižší hodnoty pro skupinu  $S_{OFF}$  oproti skupině  $S_{ON}$ , nabízí se argumentace nedostatečné velikosti testovaného vzorku respondentů, což však při porovnání se zmíněnou studií M. Grimshawa neobstojí, jelikož experiment prováděl se skupinou 36 respondentů (oproti 45 v případě tohoto výzkumu). Možné vysvětlení tak můžeme najít ve zkoumaných attributech a způsobech jejich měření – v naší studii jsme se zaměřili na pocit prezenze a flow, zatímco podobné studie se zaměřovaly na koncept imerze. Můžeme se domnívat, že pro samotný pocit přenesení do virtuálního světa (ať ho prožíváme skrze televizi nebo virtuální realitu) není zvuk natolik zásadním parametrem, jako pro samotný akt hraní, pro nějž může být přítomnost zvuku důležitější. Stejně tak je třeba vzít do úvahy využití rozdílných dotazníků v jednotlivých studiích, které mohou přinést rozdílné výsledky pro identické atributy, což může být do určité míry důvodem odlišných výsledků flow.

Vzhledem k výsledkům dílčích hypotéz  $H_{1A}$  a  $H_{1B}$  není překvapením, že se hlavní hypotéza  $H_1$  potvrdila pouze u jediného sledovaného atributu – konkrétně pocit přenesení do virtuálního prostoru u hry *Resident Evil 7*. Můžeme sice sledovat obecně vyšší rozdíly v hodnotách prezenze a flow mezi skupinami  $S_{OFF}$  a  $S_{ON}$  ve virtuální realitě než na televizi, avšak s největší pravděpodobností bychom ani při větším vzorku respondentů nebyli schopni tyto výsledky potvrdit. K podobným závěrům došla i studie Matthew Boeruma *The Effect of Virtual Environments on Localization during a 3D Audio Production Task*, která porovnávala, zdali při použití HMD, který bude simulovat reálné prostředí, budou respondenti vnímat lokalizaci

---

<sup>326</sup> GRIMSHAW, Mark, Craig LINDLEY a Lennart NACKE. Sound and Immersion in the First-Person Shooter: Mixed Measurement of the Player's Sonic Experience.

zvuků jiným způsobem než bez helmy. Ve své studii však došel k výsledkům, že virtuální realita úsudek respondentů nijak neovlivnila<sup>327</sup>.

Analýza srdečního tepu a dechové frekvence taktéž přinesla řadu protichůdných výsledků. V případě hypotézy H<sub>2</sub> byly naměřené hodnoty v přímém rozporu s naší hypotézou – tepová frekvence v průběhu hraní byla téměř ve všech případech nižší než ta klidová. V případě *Resident Evil 7* jsme naměřili statisticky významné hodnoty se střední až velikou velikostí účinku (pro obě skupiny – S<sub>OFF</sub> a S<sub>ON</sub> a v obou testovaných podmínkách – TV a VR). Stejně tak se nepodařilo potvrdit hypotézu H<sub>3</sub>, kdy se neprokázal vliv platformy na tepovou frekvenci a vliv zvuku se prokázal pouze v jedné z testovaných podmínek (*Resident Evil 7* hrán na TV). V případě dechové frekvence se ukázal významný vliv platformy u obou testovaných her, kdy dechová frekvence statisticky významně klesla v podmínce virtuální reality oproti televizi, což je opět v přímé kontradikci s naší hypotézou H<sub>3</sub>. Vliv zvuku na dechovou frekvenci nedosahoval statisticky významných hodnot a nepodařilo se jej prokázat. Musíme však zopakovat, že v případě dechové frekvence jsme měli omezený vzorek respondentů, a data tak mohou být zkreslená.

Výsledky fyziologického měření jsme konzultovali s doc. RNDr. Jiřím Novotným, který dával do souvislosti snížení tepové frekvence s hraním her jako činností, při které se sice člověk intenzivně soustředí, ale zároveň funguje jako relaxace. Tato úvaha může vysvětlovat snížení srdeční frekvence při hraní oproti klidové frekvenci. Pro navození takového stavu je však potřeba určitý časový úsek, což může být jeden z důvodů, proč se tato změna projevila statisticky významně pouze v případě *Resident Evil 7* (ukázka *Rez Infinite* trvala průměrně 10 minut, ukázka *Resident Evil 7* průměrně 19 minut). Ze stejného důvodu je možné, že tento jev nebyl sledován v citovaných studiích, jelikož jejich design operoval s řádově kratšími ukázkami (do pěti minut). Otázkou zůstává, zdali se tato úvaha dá aplikovat také na výsledky dechové frekvence – pravděpodobně lze přijmout myšlenku, že spolu se stavem relaxace zpomalíme i dechovou frekvenci, avšak prokázání spojitosti tohoto stavu, ať již konkrétně s hraním na televizi nebo ve virtuální realitě, či s koncepty prezence a flow obecně, je nad rámec provedeného výzkumu.

---

<sup>327</sup> BOERUM, Matthew, Jack KELLY, Diego QUIROZ a Patrick CHEIBAN. The Effect of Virtual Environments on Localization during a 3D Audio Production Task.

Vrátíme-li se k dosavadním výzkumům na poli zkoumání srdečního tepu ve vztahu ke konceptům prožívání obecně či her a virtuální reality konkrétně, můžeme konstatovat, že se potvrdily zjištění Darragha Egana i Federicy Pallaviciniové, že hraní na televizi nebo ve virtuální realitě neovlivňuje naši tepovou frekvenci. Je však překvapivé, že žádná ze zmíněných studií neporovnává naměřené hodnoty právě s klidovou tepovou frekvencí. Pallaviniciová sice porovnává hodnoty před a po hraní hry, což ovšem považujeme za nefunkční metodiku s ohledem na největší přínos měření fyziologických funkcí – tedy, že nám umožňují objektivně zkoumat respondenty v průběhu daného zážitku, a nikoliv zpětně. Zároveň si i na základě tohoto experimentu uvědomujeme komplexnost této problematiky a nutnost jejího zkoumání v širším kontextu, nikoliv pouze jednoho či dvou konceptů prožívání.

## 7. Percepce Dolby Atmos

Doposud jsme se věnovali výzkumu vnímání prezenze a flow v situacích, kdy porovnávané podmínky percepce byly evidentně rozdílné (přítomnost x absence zvuku; virtuální realita x televize; binaurální audio x stereo poslech). Nyní se ovšem dostáváme k situaci, kterou jsme nastínili v kapitole 3 – tedy, že nemůžeme s určitostí říct, zdali jsme schopni vnímat rozdílnost výchozích podmínek – konkrétně hovoříme o zvukových formátech 5.1 a Dolby Atmos. Společnost Dolby sice prezentuje formát Dolby Atmos jako revoluci, která má přinést lepší zvukový zážitek, avšak doposud nejsou dostatečné výzkumy, které by tato tvrzení prokázala. Z technických parametrů formátu můžeme usuzovat, že by rozdíl měl být patrný, avšak minimálně z vlastní zkušenosti nemůžeme toto tvrzení objektivně potvrdit<sup>328</sup>. Následující studie tak nebude porovnávat žádný z prezentovaných konceptů, nýbrž se zaměříme na otázku percepce zvukového formátu Dolby Atmos – především, jestli jsme vůbec schopni jej vnímat rozdílným způsobem než zvukový formát 5.1. Výsledky tohoto výzkumu mohou nadále posloužit jako vodítko, jakým způsobem – a zdali vůbec má smysl – zkoumat např. pocit prezenze či imerze.

---

<sup>328</sup> Vycházíme z řady návštěv projekcí filmů v Dolby Atmos, při kterých doktorandovi i školiteli subjektivně připadalo, že formát Atmos nepřináší (až na výjimečné situace) velkou změnu ve zvukové reprodukci.



## 7.1. Vývoj prostorového zvuku v kině

Reprodukce zvuku v kinosálech ušla dlouhou – téměř stoletou cestu. Za první film se synchronní dialogovou stopou se označuje *Jazzový zpěvák* (*The Jazz Singer*, 1927, rež. Alan Crosland), který poprvé promluvil na diváky z plátna. O třináct let později v roce 1940 vznikl první (experimentální) systém prostorového zvuku Fantasound. Disponoval tříkanálovým zvukem (levý – center – pravý kanál) a název byl odvozen podle filmu *Fantazie* (prod. Walt Disney, 1940), který byl v tomto zvukovém systému prezentován. Disney svým způsobem předběhl dobu, protože pro reprodukci zvuku ve formátu Fantasound musela být kina vybavena speciální aparaturou, takže svého uvedení se dočkal pouze ve čtrnácti kinech<sup>329</sup>. V roce 1952 byl součástí nového formátu Cinerama<sup>330</sup> sedmikanálový zvukový formát využívající pět reproduktorů za plátnem a dva surround (prostorové) reproduktory po stranách sálu. Zvuk byl v tomto případě uložen na separátní magnetické kopii. Vzhledem k náročnosti produkce filmů (především obrazové složky) se postupně od tohoto formátu opustilo<sup>331</sup>, avšak podobné rozložení reproduktorů využíval později zvukový systém SDDS (viz níže).

V 70. letech započala společnost Dolby vývoj nového zvukového formátu Dolby Stereo. Formát využíval stereofonního záznamu na filmovém pásu (na pásu byly umístěny dvě zvukové stopy Lt a Rt (left total, right total). Tyto dvě stopy při reprodukci procházely skrze dekódovací matici, výsledná reprodukce byla čtyřkanálová – levý – center – pravý a surround kanál. Prvním filmem uvedeným v tomto formátu byl hudební film *Zrodila se hvězda* (*A Star is Born*, 1976, rež. Frank Pierson). Formát se následně stal standardem zvukové reprodukce, a to až do 90. let.

---

<sup>329</sup> ALEXANDER, Max. Disney Sweeps the Dust Off 'Fantasia' at 50.

<sup>330</sup> Cinerama byl formát širokoúhlé projekce (poměr stran byl cca. 2,65:1), při kterém byl film natáčen na tři synchronizované kamery a následně promítán na tři plátna, která diváka obklopovala mnohem více než tradiční projekce – formát zabíral 146° zorného pole.

<sup>331</sup> Cinerama se nejprve proměnila v jednokamerový formát, následně se stala základem pro IMAX formát, vzhledem k využití 70 mm kamer.

Z kraje 90. let minulého století začaly vznikat nové digitální zvukové formáty – Dolby Digital<sup>332</sup> (Dolby Laboratories, 1992), SDDS<sup>333</sup> – Sony Dynamic Digital Sound (Sony, 1993), a DTS<sup>334</sup> (Digital Theater Systems, 1993). Během několika let tyto formáty plnily funkci primárního reprodukčního formátu, avšak Dolby Stereo bylo na filmových kopiích neustále přítomné. Vzhledem k nutnosti udržení kompatibility (z počátku bylo technologií schopnou reprodukovat digitální zvuk vybavené minimum kin) bylo potřeba umístit digitální formáty na filmovou kopii k již stávajícímu obsahu (viz Obrázek 29). Jediná možnost tak byly okraje filmové kopie (formát SDDS) a prostor mezi perforačními otvory (formát Dolby Digital). V praxi se však ukázalo, že tyto části filmové kopie jsou náchylné na mechanické poškození a často docházelo k výpadku zvukové stopy. Z tohoto důvodu se od formátu Dolby Stereo nikdy neupustilo, jelikož fungoval i jako záložní zvuková stopa, která se automaticky aktivovala v momentě výpadku stopy digitální. V případě formátu DTS byla zvuková stopa uložena na separátním CD a filmová kopie obsahovala pouze synchronizační časový kód. Zde tak sice nehrozilo poškození filmové kopie, ale potenciální rozpad synchronu, či poškození CD. Všechny uvedené digitální formáty musely z důvodu omezeného prostoru pro optickou informaci minimalizovat svůj datový tok, a tak využívaly tzv. ztrátovou kompresi zvuku (například AC3 od Dolby s datovým tokem 448 kbit/s, nebo DTS 882 kbit/s).

S rozvojem digitálního kina bylo v roce 2005 do standardu DCI<sup>335</sup> specifikováno, že zvuk pro reprodukci v kině bude v balíčku DCP<sup>336</sup> uložen v nekomprimovaném formátu PCM s parametry 48kHz/24bit (tedy oproti optickým formátům již bez ztrátové komprese a větším dynamickým rozsahem). Počet stop byl maximálně 16, konfigurace většinou 5.1<sup>337</sup> nebo 7.1<sup>338</sup>. Tato změna přinesla

---

<sup>332</sup> Nástupce formátu Dolby Stereo. Formát využíval konfigurace 5.1 – tři kanály reprodukovány zpoza plátna, dva po stranách v sále a jeden pro basové zvuky o nízkých frekvencích (přibližně do 200 Hz).

<sup>333</sup> Sony Dynamic Digital Sound (SDDS) používalo konfiguraci 7.1 s pěti kanály umístěnými za plátnem, dvěma surround kanály po stranách v sále a efektoým kanálem pro reprodukci nízkých frekvencí.

<sup>334</sup> Digital Theater Systems (DTS) původně využíval konfiguraci 5.1 stejně jako Dolby Digital, avšak zvuk byl uložen na separátním CD.

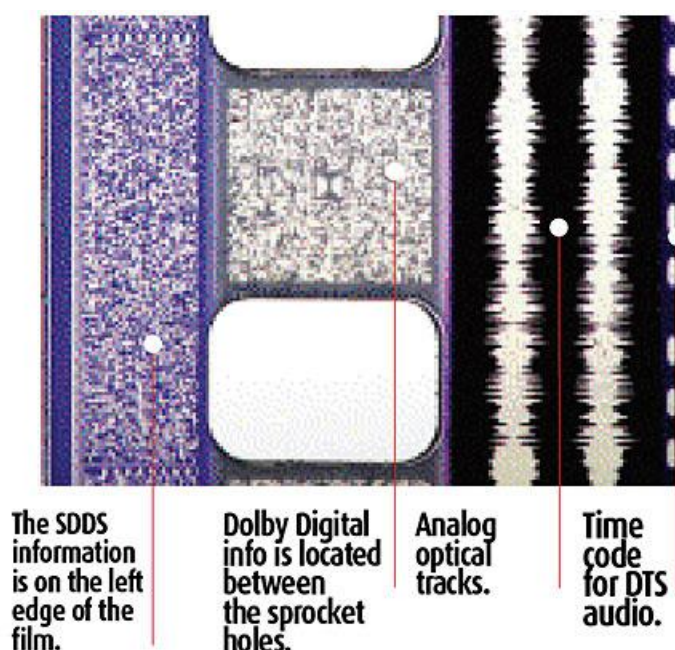
<sup>335</sup> *Digital Cinema System Specification*. Dostupné z: [https://www.dcmovies.com/archives/spec\\_v1/DCI\\_Digital\\_Cinema\\_System\\_Spec\\_v1.pdf](https://www.dcmovies.com/archives/spec_v1/DCI_Digital_Cinema_System_Spec_v1.pdf).

<sup>336</sup> Digital Cinema Package (DCP) – distribuční balíček obsahující digitální filmovou kopii určenou pro distribuci v kinech. Většinou je uložen na externím pevném disku.

<sup>337</sup> 5.1 - odpovídá konfiguraci formátu Dolby Digital.

<sup>338</sup> 7.1 - vychází z formátu Dolby Digital, avšak zlepšuje předo/zadní lokalizaci využitím bočních a zadních kanálů (v angličtině „left / right side surround“ a „left / right back surround“).

na jedné straně možnost téměř komukoliv vytvořit prostorový zvuk pro film bez nutnosti získání licence<sup>339</sup>, avšak na straně druhé tak vznikla absence kontroly a vymáhání standardů jak technických, tak kvalitativních. Nejen tento fakt vedl ke vzniku nových „imersivních“ formátů – Auro 3D<sup>340</sup> (Auro Technologies, 2006), a Dolby Atmos (Dolby Laboratories, Inc., 2012), které se snažily jednak o dodržování technických standardů, ale především přinést divákům věrohodnější a kvalitnější zvuk oproti klasickým konfiguracím 5.1 a 7.1.



Obrázek 29 Zvukové formáty na filmové kopii<sup>341</sup>

Z těchto „nových“ formátů se nejvíce rozšířil právě Dolby Atmos, který je nainstalován ve více než 6 000 kinosálech po celém světě<sup>342</sup>. Oproti svým předchůdcům přináší řadu vylepšení a také principiálních změn k samotné práci se zvukem. Konkrétně jde o kombinaci channel-based (kanálového) a object-based (objektového) audia. Channel-based audio je postavené na principu, že výsledný mix zvuku má určitý počet stop (nejčastěji zmíněných 5+1), které odpovídají

<sup>339</sup> Jakýkoliv film využívající zvukového formátu Dolby (SR nebo Digital) musel získat (zaplatit) licenci od Dolby a mastering musel být proveden za přítomnosti Dolby konzultanta, který dohlížel na dodržování technických norem.

<sup>340</sup> Auro 3D technologické informace, dostupné z: <https://www.auro-3d.com/professional/technical-docs/>

<sup>341</sup> Sound for Film. Dostupné z: <https://postandcinema.wordpress.com/2011/11/01/digital-sound-for-film/>.

<sup>342</sup> Dolby Atmos. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Dolby\\_Atmos](https://en.wikipedia.org/wiki/Dolby_Atmos).

konkrétním reproduktorům – tzn. „center“ kanál bude vždy reprodukován z reproduktoru umístěného uprostřed za plátnem, tak jako „left surround“ kanál bude vždy reprodukován z reproduktoru (nebo pole reproduktorů) umístěných na levé stěně sálu. Oproti tomu object-based (objektové) audio využívá souřadnicový systém, kdy je každý zvuk umístěn do  $x,y,z$  souřadnic uvnitř virtuální místnosti. Tyto souřadnice jsou součástí výsledného distribučního balíku a při reprodukci v kině jsou do této „virtuální místnosti“ umístěny virtuální reproduktory tak, aby odpovídaly konfiguraci daného sálu – následně během reprodukce probíhá mapování souřadnic zvuku na souřadnice reproduktorů a teprve v tu chvíli se určí, z jakého reproduktoru bude zvuk přehrán. Další změnou je rozšíření základní konfigurace kanálů na 7.1.2 (tzv. bed – vychází ze 7.1 a přidává další dva kanály na stropě) a reprodukce v celém frekvenčním spektru na všech kanálech (reproduktorech v kinosále)<sup>343</sup>. Kromě rozšíření základní konfigurace byly přidány také reproduktory, které vyplňují mezeru mezi plátnem a bočními reproduktory<sup>344</sup>, a tak je možné za pomoci objektů umísťovat zvuky v 360° horizontálním poli. Celkově je formát schopen v jeden moment reprodukovat deset stop (konfigurace 7.1.2) a k tomu 118 zvukových objektů – celkem tedy 128 stop. Toto navýšení umožňuje dosáhnout vyšší maximální hlasitosti a většího dynamického rozsahu. Při výrobě zvukového mixu do Dolby Atmos je možné automaticky provést downmix<sup>345</sup> do libovolného „nižšího“ formátu (7.1, 5.1, stereo, binaural, atp.) pro zachování zpětné kompatibility.

---

<sup>343</sup> Dříve byla pro zvuky v zadních kanálech reprodukce omezena přibližně od 200 Hz, nižší frekvence již nebyly reproduktory schopny přehrát.

<sup>344</sup> Ve formátu Dolby Digital začínaly zadní reproduktory až v 1/3 sálu.

<sup>345</sup> Downmix je proces úpravy mixu tak, aby byl reprodukovatelný na sestavě s nižším počtem kanálů. Často se můžeme setkat s downmixy z formátu 5.1 do stera.

## 7.2. Dosavadní výzkum

V minulosti byla provedena řada studií, které zkoumaly vnímání prostorových formátů a schopnost posluchačů je od sebe rozlišit. Kimio Hamasaki<sup>346</sup> porovnával různé aspekty reprodukce (konkrétně jich definoval pět – zvukové pole, barva a transparentnost, síla, přirozenost a funkčnost s obrazem, unikátnost.) ve formátech 2.0, 5.1 a 22.2 ve dvou různých prostředích (domácí kino a velký kinosál). Pro testování použil audiovizuální ukázky. Výsledky ukázaly jednak efektivitu přidaných vertikálních reproduktorů<sup>347</sup>, které podporovaly pocit vertikálního pohybu zvuku, ale také zlepšení vnímání zvukového pole při použití formátu 22.2. V podmínkách domácího kina však byly tyto rozdíly větší než při reprodukci v kinosále, což autoři připisují jednak vlivu obrazu, ale také využití tzv. „nearfield“ poslechu, díky kterému lze zvuky precizněji lokalizovat.

Podobnou studii zrealizoval Will Howie<sup>348</sup>, který se zkušenými posluchači zkoumal rozpoznatelnost zvukových formátů 9.1, 10.2, 11.1 a 22.2 na třech hudebních ukázkách. Výsledky podporovaly zjištění Hamasakiho studie, jelikož respondenti byli schopni rozpoznat formát 22.2 od ostatních. Jon Francombe<sup>349</sup> pomocí různých hudebních ukázek porovnával několik prostorových formátů od jednokanálové mono reprodukce po formát 22.2. Ve své studii zjistil, že posluchači (jak zkušení, tak nezkušení) nejvíce preferovali formáty 9.1 a 5.1 a až poté všechny ostatní, včetně 22.2. Autoři však tento výsledek do jisté míry přičítají své nezkušenosti se zvukovým mixem ukázek pro vícekanálové formáty, což mohlo ovlivnit výsledky. Ostatně důležitost procesu zvukové mixáže zmiňoval i Kimio Hamasaki<sup>350</sup>. Dalším důležitým aspektem Francombovy studie bylo prozkoumání atributů, které se podílí na vnímání a hodnocení kvality prostorového zvuku. Na základě odpovědí respondentů autoři identifikovali nejčastěji zmiňované aspekty –

---

<sup>346</sup> HAMASAKI, Kimio, Koichiro HIYAMA, Toshiyuki NISHIGUCHI a Reiko OKUMURA. Effectiveness of Height Information for Reproducing the Presence and Reality in Multichannel Audio System.

<sup>347</sup> Zatímco formát 5.1 má reproduktory pouze v jedné horizontální rovině, 22.2 využívá roviny tři.

<sup>348</sup> HOWIE, Will, Richard KING a Denis MARTIN. Listener Discrimination Between Common Speaker-Based 3D Audio Reproduction Formats.

<sup>349</sup> FRANCOMBE, Jon, Tim BROOKES, Russell MASON a James WOODCOCK. Evaluation of Spatial Audio Reproduction Methods (Part 2).

<sup>350</sup> HAMASAKI, Kimio, Koichiro HIYAMA, Toshiyuki NISHIGUCHI a Reiko OKUMURA. Effectiveness of Height Information for Reproducing the Presence and Reality in Multichannel Audio System.

u zkušených posluchačů to byly – *hloubka zvukového pole, obklopení, spektrální čistota* a u nezkušených – *pozice zvuku, čistota, obklopení*<sup>351</sup>.

---

<sup>351</sup> V originálním článku používali pro pojem obklopení zkušení posluchači výraz „enveloping“ avšak nezkušení „surrounding“. Do češtiny je tato nuance poměrně špatně přenositelná, jelikož výraz enveloping znamená v překladu obalení, což ovšem není termín, který by se češtině v kontextu zvuku používal.

### 7.3. Hypotézy

Předchozí výzkumy poměrně přesvědčivě prokázaly schopnost posluchačů rozeznat mezi formáty 5.1 a 22.2, a to na zvukových i audiovizuálních ukázkách. Mezi formáty 22.2 a Dolby Atmos můžeme nalézt určitou podobnost – jsou schopny reprodukovat vertikální pohyb zvuku (byť velmi omezeně v případě Dolby Atmos) a disponují větším množstvím kanálů, takže je možné zvuky přesněji umísťovat v prostoru. Na základě těchto zjištění předpokládáme, že posluchači budou schopni rozeznat formáty 5.1 a Dolby Atmos, a naším cílem tak bude prozkoumání vnímání rozdílných aspektů daných formátů. Společnost Dolby uvádí ve svém *Dolby® Atmos® Next-Generation Audio for Cinema White Paper*<sup>352,353</sup> jako hlavní vylepšení oproti formátům 5.1 a 7.1 tyto aspekty:

- Reprodukce zvuků nad hlavou diváka
- Vylepšení zvukové kvality a frekvenční vyrovnanosti reprodukce z jakéhokoliv reproduktoru v sále
- Přesnější pozicování a reprodukce zvuků v prostoru

Na základě těchto aspektů a předchozího výzkumu Jona Francomba<sup>354</sup> jsme definovali pět zkoumaných atributů:

- Obklopení
- Lokalizace
- Dynamika
- Kvalita zvuku
- Preference formátu

Primárním cílem je zjištění, zdali jsou zkušení a nezkušení posluchači schopni vnímat rozdíly v jednotlivých aspektech mezi formáty 5.1 a Dolby Atmos, a pokud ano, zdali bude tento rozdíl hodnocen pozitivně ve prospěch Dolby Atmos. Očekáváme, že hodnocení jednotlivých atributů (obklopení, lokalizace, dynamika) bude úzce souviset s celkovou preferencí formátu tak, jak ve svých materiálech implikuje společnost Dolby Laboratories. Druhá otázka je, zdali posluchači obecně preferují Dolby Atmos oproti 5.1 - vzhledem k výsledkům předchozích studií a

---

<sup>352</sup> White paper – dokument obsahující informace k seznámení se s komplexním problémem, nastiňující seznam doporučených postupů řešení

<sup>353</sup> *Dolby® Atmos® Next-Generation Audio for Cinema White Paper*.

<sup>354</sup> FRANCOMBE, Jon, Tim BROOKES, Russell MASON a James WOODCOCK. Evaluation of Spatial Audio Reproduction Methods (Part 2).

vlastnostem obou formátů předpokládáme, že respondenti budou preferovat Dolby Atmos. Poslední otázkou je, zdali mezi testovanými skupinami existuje rozdíl ve vnímání těchto formátů. U zkušených posluchačů předpokládáme větší preferenci vůči Dolby Atmos, jelikož díky neustálému tréninku a vědomému využívání svého sluchu by měli být schopni rozeznat i méně znatelné rozdíly – tento předpoklad ostatně podporuje i již proběhlý výzkum Seana Oliva<sup>355</sup>. Celkem tedy zkoumáme čtyři hypotézy:

- H<sub>1</sub>: Předpokládáme, že zkušení i nezkušení posluchači by měli být schopni vnímat rozdíly zkoumaných atributů mezi formáty 5.1 a Dolby Atmos s pozitivním hodnocením druhého jmenovaného.
- H<sub>2</sub>: Hodnocení jednotlivých atributů bude korelovat s hodnocením preference formátu.
- H<sub>3</sub>: Předpokládáme, že hodnocení jednotlivých atributů (obklopení, dynamika, lokalizace) mezi skupinami zkušených a nezkušených posluchačů se od sebe budou statisticky významně lišit.
- H<sub>4</sub>: Očekáváme celkovou preferenci formátu a zvukové kvality ve prospěch formátu Dolby Atmos.

I přes to, že je Dolby Atmos zvukový formát, jeho využití je v naprosté většině případů vázané na obrazový materiál (filmy, seriály, záznamy koncertů apod.). Rozhodli jsme se do experimentu zařadit kromě ukázek pouze zvukových i ukázky audiovizuální obsahující typické komponenty filmového zvuku – dialog, zvukové efekty, atmosféry a hudbu. Audiovizuální ukázky jsou zařazeny z důvodu dosažení co největší podobnosti s reálnými situacemi, ve kterých se lidé s formátem setkají (ve většině případů prostor kina), a naopak zvukové ukázky jsme zařadili z důvodu, abychom eliminovali vliv obrazu, a mohli tak zkoumat

---

<sup>355</sup> OLIVE, Sean E. Differences in Performance and Preference of Trained versus Untrained Listeners in Loudspeaker Tests: A Case Study.

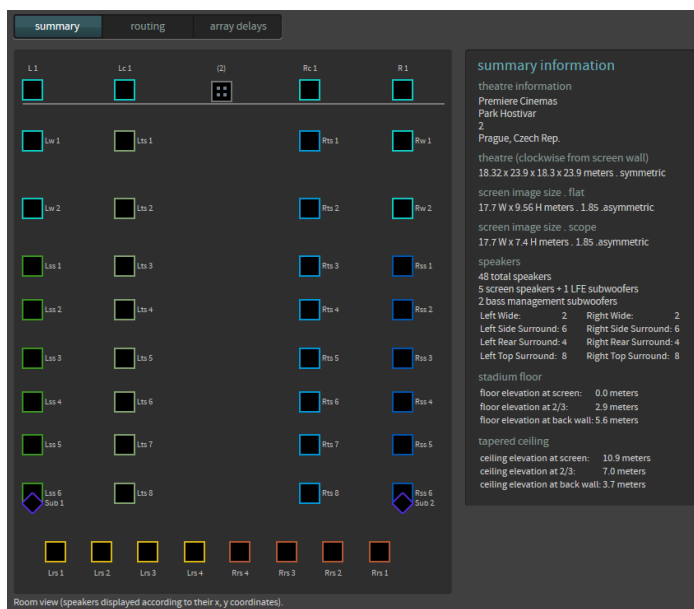


formát jako takový. Jelikož jsou však ukázky rozdílné, dále je mezi sebou neporovnáváme a vyhodnocujeme je samostatně.

## 7.4. Metody

### 7.4.1. Respondenti a průběh experimentu

Experimentu se zúčastnilo celkem 127 respondentů (88 mužů a 39 žen) – z toho 64 tvořilo skupinu zkušených posluchačů a 63 skupinu nezkušených. Ze skupiny zkušených posluchačů uvedlo 35 z nich, že jsou profesionální zvukaři, 24 studenti zvukových oborů na VŠ a 5 zvukaři – amatéři. Testování jsme zrealizovali v kinosále vybaveném systémem Dolby Atmos se 40 surroundovými reproduktory – viz Obrázek 30 (šestnáct reproduktorů umístěných na stropě tvořící dva „top surround“ kanály, šestnáct „side surround“ reproduktorů – vždy osm na boční stěně sálu a osm „rear surround“ reproduktorů na zadní stěně sálu tvořící dva „rear surround“ kanály). Rozměry kinosálu byly 18,3 x 23,9 metrů. Výška stropu v místě plátna byla 10,9 metrů a ve 2/3 sálu, kde byli umístěni respondenti, činila 7 metrů. Celkem proběhlo pět identických testovacích projekcí v průběhu dvou týdnů na začátku dubna 2019<sup>356</sup>. Respondenti byli při testování usazeni od poloviny do dvou třetin vzdálenosti sálu od plátna (viz Obrázek 31).

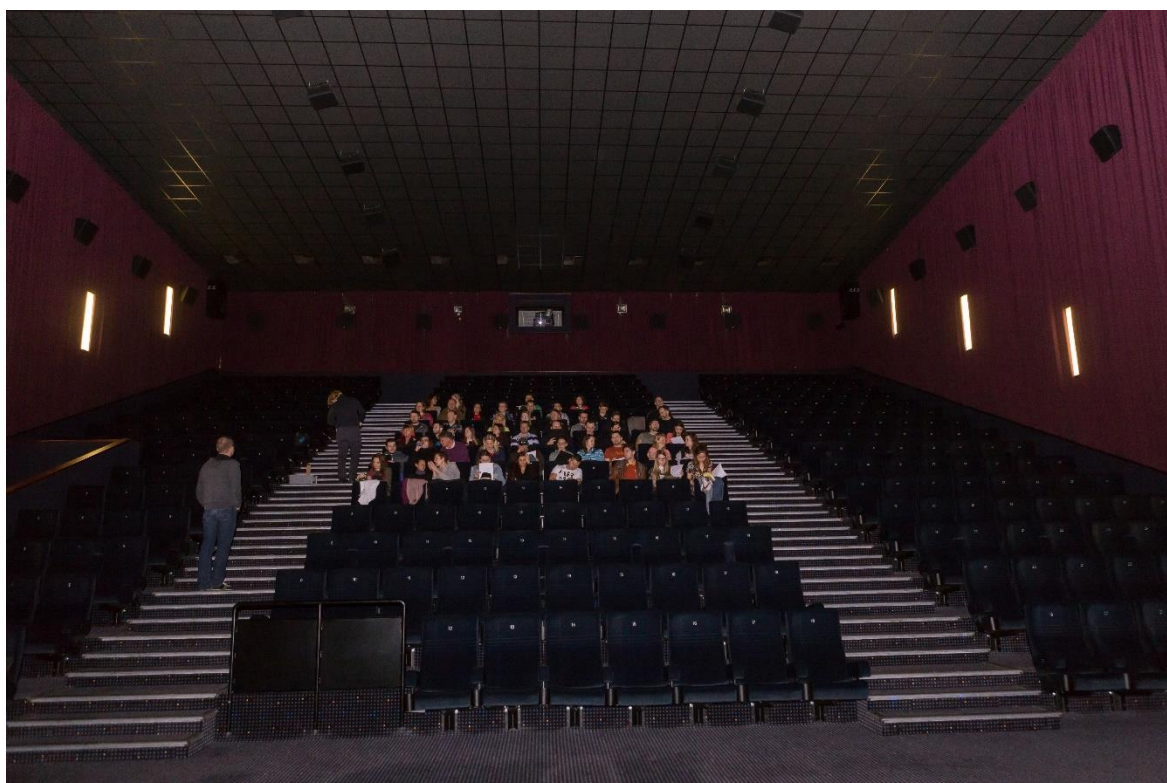


Obrázek 30 Schéma reproduktorů v sále<sup>357</sup>

<sup>356</sup> I přes to, že kapacita sálu umožňovala provést pouze jednu projekci se všemi respondenty, bylo testování rozděleno do menších skupin, aby bylo zajištěno umístění respondentů v tzv. sweet spotu – tedy ideálním poslechovém místě a všichni respondenti tak měli co nejpodobnější poslechové podmínky.

<sup>357</sup> Schéma poskytl Jan Procházka z Premiere Cinemas Praha Hostivař

Před začátkem experimentu účastníci vyplnili informovaný souhlas a byli rozděleni do skupin zkušených a nezkušených posluchačů podle svých zkušeností. Následně byli pohromadě usazeni do sálu a vyplnili úvodní dotazník se základními informacemi (věk, pohlaví, profesní zkušenosti) a číslo sedadla v sále. Poté začal samotný experiment. Jednalo se o slepý A-B poslechový test, kdy byly respondentům přehrávány dvě obsahově stejné ukázky, které se lišily zvukovým formátem (5.1 nebo Atmos). Po poslechu každé dvojice respondenti vyplnili dotazník týkající se percepce dané dvojice. Respondenti nevěděli, v jakém pořadí jsou formáty v rámci dvojic prezentované a zároveň jsme se v dotaznících na tuto skutečnost neptali. Chtěli jsme předejít situaci, kdy by se respondenti soustředili víc na samotnou identifikaci formátu než jejich atributy a zároveň by mohli mít tendenci v případě vědomé identifikace formátů upravovat své odpovědi podle jejich specifikací. Celkem bylo v experimentu 12 dvojic ukázek (prvních 6 audiovizuálních a zbylých 6 bez obrazu). Pořadí ukázek zůstalo pro všechny testovací skupiny stejné, jelikož na každé projekci byl jiný počet účastníků, a nebyli bychom tak schopni vytvořit podobně velké skupiny, které by reflektovaly rozdílné pořadí ukázek.



*Obrázek 31 Respondenti v sále v průběhu poslechového testu<sup>358</sup>*

---

<sup>358</sup> Foto: Petr Neubauer

#### 7.4.2. Výběr ukázek

Ukázky jsme vybírali z aktuální nabídky české filmové distribuce tak, aby každá korespondovala s jedním ze zkoumaných atributů – tedy obklopení zvukem, dynamika a lokalizace (preferenze a zvuková kvalita byly zkoumány u všech ukázek). Pro obklopení zvukem jsme vybírali scény, které měly diváka pohltit a navodit pocit, že je zvuk všude kolem něj, jako by skutečně byl na konkrétním místě. Pro zkoumání lokalizace jsme se zaměřili ukázky obsahující jednotlivé izolované zvuky s konkrétním umístěním v prostoru (nebo jejich pohybem v prostoru). V případě dynamiky jsme hledali náhlé rozdíly v hlasitosti zvuku (např. „scare-jumps“ z hororových filmů). Délka vybraných ukázek se pohybovala od 30 do 45 vteřin. Každý atribut jsme zkoumali vždy na dvou audiovizuálních a dvou zvukových ukázkách – pokaždé jsme měnili pořadí formátů tak, aby jedna dvojice byla 5.1 - Atmos a druhá naopak (viz Tabulka 16) – chtěli jsme tak zamezit vlivu jejich pořadí. Audiovizuální ukázky byly vybrány na základě předchozích návštěv projekcí většiny filmů distribuovaných v Dolby Atmos v ČR v průběhu roku 2018. Výběr filmů byl limitován právě tímto časovým úsekem, jelikož starší filmy již neměli distributoři k dispozici. Zvukové ukázky bez obrazu byly vytvořeny přímo pro potřeby testování tak, aby reflektovaly jednotlivé zkoumané kategorie a korespondovaly s audiovizuálními ukázkami. Jejich mix byl realizován ve formátu Dolby Atmos v certifikované míchací hale za asistence Dolby konzultanta.

Týden před samotným experimentem proběhla zkušební projekce, na které jsme na základě poslechu jednotlivých ukázek a konzultace s místním promítačem nastavili hlasitost reprodukce<sup>359</sup>. Podle tohoto nastavení jsme pak změřili LEQ<sup>360</sup> všech dvojic za pomoci kalibrovaného mikrofону (viz Tabulka 16) s maximálním rozdílem 2,4 LEQ v případě zvukové ukázky „Velký třesk“ zkoumající dynamiku. I přes to, že se hodnoty LEQ lišily, neměnili jsme hlasitost reprodukce v rámci dvojic, jelikož rozdíl této hlasitosti považujeme za vlastnost formátů<sup>361</sup>. Tabulka 16 ukazuje kompletní seznam ukázek s názvy filmů, stručným popisem, zkoumaným

---

<sup>359</sup> Standardizovaná hlasitost reprodukce dle doporučení Dolby odpovídá 85 dB SPL / kanál pro -20 dBfs růžového šumu (na zařízeních Dolby je tato hlasitost reprezentována číslem 7), avšak pro optimální poslech jsme u některých ukázek zvolili nižší úroveň.

<sup>360</sup> Equivalent Continuous Sound Level (LEQ) – způsob jakým měřit hlasitost v průběhu času; výsledná hodnota popisuje průměrnou hlasitost za daný časový úsek.

<sup>361</sup> Rozdíly v LEQ – především pak u ukázky velký třesk – ukazují schopnost formátu Dolby Atmos dosáhnout vyšší hlasitosti a tím i potenciálně vyšší dynamiky.

atributem, hodnotami LEQ, nastavením hlasitosti zvukového výstupu a pořadím formátů, jak byly prezentovány.

Pro reprodukci filmových ukázek jsme využili separátní DCP master pro každý formát. Nebylo však možné zjistit, jakým způsobem vznikl konkrétní zvukový formát vybraných filmů – jestli byly vytvořeny dva separátní mixy anebo byl formát 5.1 generován automaticky v Dolby RMU.<sup>362</sup> V případě zvukových ukázek jsme použili jeden DCP master, na kterém byl uložen Dolby Atmos i 5.1, který jsme při masteringu získali za pomoci downmixu na Dolby RMU.

<i>No.</i>	<i>Ukázka</i>	<i>Atribut</i>	<i>Formát</i>	<i>Hlasitost</i>	<i>LEQ</i>	<i>Popis</i>
1.	Bohemian Rhapsody	Obklopení	ATMOS - 5.1	6.5	93.1 / 94.2	Scéna "We Will Rock You"
2.	Sestra	Dynamika	5.1 - ATMOS	6.5	91.4 / 91.3	Střetnutí Frenchie a Valaka
3.	Sestra	Lokalizace	ATMOS - 5.1	6.5	70.3 / 70.3	Otec v rakvi
4.	Sestra	Dynamika	ATMOS - 5.1	6.5	86.7 / 87.3	Dívka vidí Valaka v zrcadle
5.	Alita	Obklopení	5.1 - ATMOS	5.5	90.1 / 90.1	Bitva v podzemí pod barem
6.	Alita	Lokalizace	5.1 - ATMOS	5.5	73.7 / 73.7	Vstup do mateřské lodi
7.	Pouze zvuk	Lokalizace	5.1 - ATMOS	7.0	55.9 / 55.9	Létající moucha
8.	Pouze zvuk	Obklopení	5.1 - ATMOS	7.0	69.5 / 69.3	Atmosféra deště
9.	Pouze zvuk	Dynamika	5.1 - ATMOS	7.0	91.0 / 93.4	Velký třesk
10.	Pouze zvuk	Obklopení	ATMOS - 5.1	7.0	83.9 / 85.8	Podvodní atmosféra s ponorkou
11.	Pouze zvuk	Dynamika	ATMOS - 5.1	7.0	91.4 / 90.0	Výbuch bomby
12.	Pouze zvuk	Lokalizace	ATMOS - 5.1	7.0	89.8 / 89.3	Přelet letadel

*Tabulka 16 Seznam ukázek poslechového testu*

<sup>362</sup> Dolby Rendering and Mastering Unit (RMU) – hlavní část systému Dolby Atmos, která je zodpovědná za dekódování zdrojového zvuku a jeho reprodukci v míchací hale podle dané konfigurace. Zároveň se při masteringu využívá pro automatickou tvorbu dalších formátů (5.1, stereo, binaural, atd.).

#### 7.4.3. Dotazníky a zkoumané proměnné

Pro účely experimentu jsme vytvořili dotazník sestávající se z jedenácti otázek (viz Tabulka 17), které se zaměřovaly na jednotlivé atributy<sup>363</sup>. Obklopení zvukem, lokalizaci a dynamiku jsme zkoumali pouze na ukázkách k tomu určených, avšak zvukovou kvalitu, preferenci a rozdílnost ukázek jsme zkoumali u všech, jelikož jsou obecně aplikovatelné. Výsledné hodnoty zkoumaných aspektů jsme spočítali jako průměr odpovědí (s výjimkou otázky č. 8, která má invertovanou škálu). Respondenti odpovídali na devítibodové škále v rozsahu +/- 4 s nulovou hodnotou uprostřed. Krajní hodnoty označovaly preferenci pro ukázkou A respektive B. Nulová hodnota pak znamenala, že posluchač nebyl schopen v daném kritériu poznat rozdíl.

Při tvorbě otázek jsme se snažili vyhnout technickým termínům, aby byly dobře pochopitelné i pro nezkušené posluchače. Celkem jsme tedy zkoumali pět proměnných (z toho první tři na specifických ukázkách a zbylé dvě na všech ukázkách nehledě na primárně zkoumaný atribut):

- **Obklopení** – pocit pohlcení (obklopení) zvukem a vtažení do scény
- **Lokalizace** – přesnost pozice zvuku a schopnost jejich lokalizace
- **Dynamika** – dynamický rozsah ukázek (rozsah mezi nejtišším a nejhlasitějším zvukem v ukázce)
- **Zvuková kvalita** – kvalita reprodukováného zvuku (spektrální kvalita, zkreslení zvuku)
- **Preference** – která z ukázek se posluchačům líbila více

Tvorbu dotazníku jsme konzultovali jak s odborníky<sup>364</sup> věnující se problematice poslechových testů, tak psychologie. Před samotným hodnocením získaných dat jsme provedli měření vnitřní konzistence<sup>365,366</sup>. Pro atribut obklopení byla hodnota  $\alpha = 0,867$ ; pro atribut lokalizace  $\alpha = 0,873$  a pro atribut zvukové

<sup>363</sup> V případě, že byla zkoumána u konkrétní dvojice např. lokalizace, byly z daného dotazníku vyřazeny otázky, které s testovaným atributem nesouvisely, takže jednotlivé dotazníky neobsahovaly všechny otázky.

<sup>364</sup> Tvorbu dotazníku jsme konzultovali s Mgr. Kateřinou Lukavskou, Ph.D. z Pedagogické fakulty Univerzity Karlovy a Ing. Zdeňkem Otčenáškem, Ph.D. z Hudební a taneční fakulty Akademie múzických umění v Praze.

<sup>365</sup> Test vnitřní konzistence ukazuje, jak moc spolu dané položky dotazníku souvisí a zdali jsou tedy vhodné pro zkoumání jednoho atributu. Vyjadřuje se tzv. cronbachovou alfou, která může nabývat hodnot 0 až 1. Hodnoty 0,7 až 1 ukazují vysokou vnitřní konzistenci daných položek a mohou být tak použity pro zkoumání jednoho konceptu.

<sup>366</sup> TAVAKOL, Mohsen a Reg DENNICK. Making sense of Cronbach's alpha.

kvality  $\alpha = 0,822$ . Ostatní aspekty byly hodnoceny pouze jednou otázkou, tudíž jsme měření vnitřní konzistence neprováděli.

Vyplněné papírové dotazníky byly následně zdigitalizovány a za pomoci online služby *DocParser*<sup>367</sup> byly odpovědi respondentů převedeny do tabulky. Pro vyhodnocení výsledků jsme škálu přepočítali tak, aby hodnota mínus čtyři reprezentovala ukázky ve formátu 5.1 a hodnota plus čtyři označovala formát Dolby Atmos. Statistické výpočty byly provedeny v softwaru *Jamovi*<sup>368</sup>.

<i>No.</i>	<i>Atribut</i>	<i>Otázka</i>
1.	Obklopení	Ve které ukázce jste měli pocit, že vás zvuk více obklopoval?
2.	Lokalizace	Ve které ukázce jste dokázali přesněji rozeznat pozici jednotlivých zvuků v prostoru?
3.	Zvuková kvalita	Která ukázka Vám přišla na poslech příjemnější?
4.	Obklopení	Ve které ukázce jste se více cítili uvnitř prostředí?
5.	Lokalizace	Ve které ukázce vám připadalo, že pozice zvuků lépe koresponduje s děním v obraze?
6.	Zvuková kvalita	Ve které ukázce Vám připadal zvuk plnější?
7.	Lokalizace	Ve které z ukázek jste dokázali lépe sledovat pohyb zvuků?
8.	Obklopení	Ve které ukázce jste měli pocit, že zvuk slyšíte spíše z plátna než okolo Vás? ( <i>Invertovaná škála</i> )
9.	Dynamika	Ve které ukázce vám připadalo, že jsou větší rozdíly ve hlasitosti?
10.	Preference	Líbil se Vám více zvuk v ukázce A nebo v ukázce B?

*Tabulka 17 Seznam otázek poslechového testu*

<sup>367</sup> *Docparser* [online]. Dostupné z: <https://docparser.com/>.

<sup>368</sup> *The jamovi project* [online]. Dostupné z: <https://www.jamovi.org/>.

#### 7.4.4. Analýza dat

Analýzu dat jsme provedli pomocí T-Testů – konkrétně jednovýběrového T-Testu při ověřování  $H_1$ ,  $H_2$  a  $H_4$  a dvouvýběrových T-Testů s rozdělením na skupiny zkušených posluchačů (ZP) a nezkušených posluchačů (NP) v případě  $H_3$  a  $H_4$ . Nejprve jsme pro jednotlivé skupiny zvlášť porovnávali výsledky jednotlivých atributů (obklopení, dynamika, lokalizace) vůči nulové hodnotě<sup>369</sup>. Tyto atributy jsme porovnávali pouze na ukázkách k tomu určených (viz Tabulka 16). Spolu s vybraným atributem jsme pro dané ukázky zkoumali také preferenci formátu a provedli korelační analýzu pro zjištění závislosti daného atributu na preferenci formátu. Následně jsme porovnávali, zdali se pro hodnoty jednotlivých atributů mezi sebou statisticky liší výsledky skupiny zkušených a nezkušených posluchačů. Na závěr jsme na všech ukázkách analyzovali zvukovou kvalitu a preferenci formátu obecně.

---

<sup>369</sup> Pro zjištění statistické signifikance jsme porovnávali získané průměrné hodnoty jednotlivých atributů vůči nulové hodnotě – tedy hodnotě při které respondenti uváděli, že nejsou schopni rozeznat v dané otázce rozdíl mezi prezentovanými formáty.



## 7.5. Výsledky

### 7.5.1. Obklopení zvukem

Tabulka 18 a Tabulka 19 ukazují průměrné hodnoty pro obklopení zvukem a preferenci obou skupin pro vybrané audiovizuální a zvukové ukázky. Spolu s průměrnými hodnotami (M) prezentují také směrodatnou chybu (SE) a směrodatnou odchylku (SD), statistickou významnost, velikost efektu a korelaci (pearsonův korelační koeficient  $r^{370}$ ) mezi pocitem obklopení a preferencí formátu. Průměrné hodnoty pocitu obklopení se pohybují od -0,092 po 0,764, avšak v případě audiovizuálních ukázek výsledky nebyly statisticky signifikantní ani u jedné z testovaných skupin ( $p_{np} = 0,057$  a  $p_{zp} = 0,562$ ). Z toho můžeme usuzovat, že respondenti nebyli schopni vnímat rozdíly v pocitu obklopení na prezentovaných dvojicích audiovizuálních ukázek. V případě zvukových ukázek již hodnoty u obou skupin statisticky významné byly, a to ve prospěch formátu Dolby Atmos (**NP:**  $M_{np} = 0,577$ ;  $p_{np} = 0,007$ ;  $d_{np} = 0,243$ ; **ZP:**  $M_{zp} = 0,764$ ;  $p_{zp} < 0,001$ ;  $d_{zp} = 0,376$ ). Vzhledem k nízké hodnotě velikosti účinku můžeme vnímaný rozdíl ve prospěch Dolby Atmos považovat za velice nízký.

Celková preference ukázek byla, podobně jako pocit obklopení, statisticky významná ve prospěch Dolby Atmos pro obě skupiny u zvukových ukázek (**NP:**  $M_{np} = 0,706$ ;  $p_{np} = 0,008$ ;  $d_{np} = 0,242$ ; **ZP:**  $M_{zp} = 1,063$ ;  $p_{zp} < 0,001$ ;  $d_{zp} = 0,488$ ) a pro skupinu nezkušených posluchačů u audiovizuálních ukázek (**NP:**  $M_{np} = 0,548$ ;  $p_{np} = 0,031$ ;  $d_{np} = 0,194$ ). Můžeme také pozorovat souvislost pocitu obklopení s celkovou preferencí ukázek – hodnoty pearsonova korelačního koeficientu se pohybují v rozsahu od hraničních 0,698 po 0,819. Z výsledků je také patrná poměrně velká směrodatná odchylka (SD od 1,79 po 2,92), která poukazuje na relativně velké rozdíly mezi jednotlivými odpověďmi. Odchylka je výraznější u skupiny nezkušených posluchačů, což indikuje častější využívání krajních bodů na hodnotící škále a menší koherenci v odpovědích respondentů.

---

<sup>370</sup> Korelace zkoumá závislost dvou veličin. Hodnota pearsonova korelačního koeficientu –  $r$  – se pohybuje v intervalu  $<-1,1>$ , kdy vyšší hodnota označuje vyšší míru závislosti. Od hodnoty 0,6 lze hovořit o tom, že dvě proměnné jsou na sobě závislé.

<i>Nezkušení posluchači (NP)</i>	<i>M<sub>NP</sub> (SE<sub>NP</sub>)</i>	<i>SD<sub>NP</sub></i>	<i>p<sub>NP</sub> (p-hodnota)</i>	<i>d<sub>NP</sub> (cohenovo d)</i>	<i>r<sub>NP</sub> (korelace)</i>
<b>Obklopení</b> <i>AV ukázky č.1 a č.5</i>	0,368 (0,192)	2,14	0,057	0,172	0,698
<b>Preference</b> <i>AV ukázky č.1 a č.5</i>	0,548 (0,252)	2,82	0,031 *	0,194	
<b>Obklopení</b> <i>Audio ukázky č.8 a č.10</i>	0,577 (0,212)	2,38	0,007 *	0,243	0,819
<b>Preference</b> <i>Audio ukázky č.8 a č.10</i>	0,706 (0,260)	2,92	0,008 *	0,242	

*Tabulka 18 Hodnoty obklopení a preference; nezkušení posluchači (NP)*

<i>Zkušení posluchači (ZP)</i>	<i>M<sub>ZP</sub> (SE<sub>ZP</sub>)</i>	<i>SD<sub>ZP</sub></i>	<i>p<sub>ZP</sub> (p-hodnota)</i>	<i>d<sub>ZP</sub> (cohenovo d)</i>	<i>r<sub>ZP</sub> (korelace)</i>
<b>Obklopení</b> <i>AV ukázky č.1 a č.5</i>	-0,092 (0,159)	1,79	0,562	-0,052	0,788
<b>Preference</b> <i>AV ukázky č.1 a č.5</i>	-0,156 (0,203)	2,30	0,443	-0,068	
<b>Obklopení</b> <i>Audio ukázky č.8 a č.10</i>	0,764 (0,180)	2,03	<0,001 *	0,376	0,787
<b>Preference</b> <i>Audio ukázky č.8 a č.10</i>	1,063 (0,193)	2,18	<0,001 *	0,488	

*Tabulka 19 Hodnoty obklopení a preference; zkušení posluchači (ZP)*

### 7.5.2. Dynamika

Analogicky jako v případě obklopení zvukem jsme postupovali i v analýze percepce dynamiky. Průměrné hodnoty dynamiky (viz Tabulka 20 a Tabulka 21) se u všech ukázek nepatrně vychylují ve prospěch Dolby Atmos (od 0,023 po 0,727), avšak podobně jako v případě pocitu obklopení zvukem jsou hodnoty statisticky signifikantní pouze v případě zvukových ukázek (**NP**:  $M_{np} = 0,587$ ;  $p_{np} = 0,001$ ;  $d_{np} = 0,290$ ; **ZP**:  $M_{zp} = 0,727$ ;  $p_{zp} < 0,001$ ;  $d_{zp} = 0,414$ ). I zde dosahujeme nízkých hodnot velikosti účinku (viz pozn. 253, str. 80) což snižuje významnost tohoto efektu. Obecná preference je u všech ukázek sice ve prospěch Dolby Atmos, avšak statisticky signifikantní hodnoty dosahuje pouze pro zvukové ukázky (**NP**:  $M_{np} = 0,929$ ;  $p_{np} < 0,001$ ;  $d_{np} = 0,377$ ; **ZP**:  $M_{zp} = 0,772$ ;  $p_{zp} < 0,001$ ;  $d_{zp} = 0,373$ ). Na rozdíl od atributu obklopení zvukem zde preference nekoreluje s percepcí dynamiky formátu (hodnoty  $r$  se pohybují v intervalu 0,263 – 0,401) – je tedy pravděpodobné, že za preferencí ukázek v Dolby Atmos je ještě jiný faktor.

<i>Nezkušení posluchači (NP)</i>	<i>M<sub>NP</sub> (SE<sub>NP</sub>)</i>	<i>SD<sub>NP</sub></i>	<i>p<sub>NP</sub> (p-hodnota)</i>	<i>d<sub>NP</sub> (cohenovo d)</i>	<i>r<sub>NP</sub> (korelace)</i>
<b>Dynamika</b> <i>AV ukázky č.2 a č.4</i>	0,288 (0,192)	2,14	0,136	0,134	0,263
<b>Preference</b> <i>AV ukázky č.2 a č.4</i>	0,152 (0,204)	2,28	0,458	0,067	
<b>Dynamika</b> <i>Audio ukázky č.9 a č.11</i>	0,587 (0,180)	2,02	0,001 *	0,290	0,312
<b>Preference</b> <i>Audio ukázky č.9 a č.11</i>	0,929 (0,219)	2,46	<0,001 *	0,377	

Tabulka 20 Hodnoty dynamiky a preference; nezkušení posluchači (NP)

<i>Zkušení posluchači (ZP)</i>	<i>M<sub>ZP</sub> (SE<sub>ZP</sub>)</i>	<i>SD<sub>ZP</sub></i>	<i>p<sub>ZP</sub> (p-hodnota)</i>	<i>d<sub>ZP</sub> (cohenovo d)</i>	<i>r<sub>ZP</sub> (korelace)</i>
<b>Dynamika</b> <i>AV ukázky č.2 a č.4</i>	0,023 (0,137)	1,55	0,864	0,015	0,332
<b>Preference</b> <i>AV ukázky č.2 a č.4</i>	0,102 (0,164)	1,86	0,538	0,055	
<b>Dynamika</b> <i>Audio ukázky č.9 a č.11</i>	0,727 (0,155)	1,76	<0,001 *	0,414	0,401
<b>Preference</b> <i>Audio ukázky č.9 a č.11</i>	0,772 (0,183)	2,07	<0,001 *	0,373	

Tabulka 21 Hodnoty dynamiky a preference; zkušení posluchači (ZP)

### 7.5.3. Lokalizace

Atribut lokalizace byl hodnocen výrazně ve prospěch formátu Dolby Atmos (viz Tabulka 22 a Tabulka 23). Téměř ve všech případech (s výjimkou audiovizuálních ukázek u nezkušených posluchačů) byly jeho hodnoty statisticky signifikantní ve prospěch Atmos formátu (NP – zvukové ukázky:  $p_{np} = 0,001$ ; ZP – audiovizuální i zvukové ukázky:  $p_{zp} < 0,001$ ). U zvukových ukázek u skupiny zkušených posluchačů byly tyto hodnoty doprovázeny i velmi vysokou hodnotou velikosti účinku ( $d = 1,102$ ). Oproti obklopení zvukem a dynamice směřují výsledné hodnoty, především ve skupině zkušených posluchačů, poměrně přesvědčivě ve prospěch formátu Dolby Atmos. Podobně i preference formátu byla ve všech případech ve prospěch Dolby Atmos a ve všech případech byly její hodnoty statisticky signifikantní (NP – audiovizuální ukázky:  $p_{np} = 0,034$ ; zvukové ukázky:  $p_{np} < 0,001$ ; ZP – audiovizuální i zvukové ukázky:  $p_{zp} < 0,001$ ), avšak s nižšími hodnotami velikosti účinku než v případě lokalizace.

Vysoká hodnota pearsonova korelačního koeficientu ukazuje na závislost atributu lokalizace a preference formátu. Výjimkou jsou zvukové ukázky u zkušených posluchačů, kde je hodnota  $r_{zp} = 0,647$  pod stanovenou hranicí 0,7. Avšak vzhledem k vysoké hodnotě v ostatních případech můžeme předpokládat, že zde spojitost existuje.

<i>Nezkušení posluchači (NP)</i>	<i>M<sub>NP</sub> (SE<sub>NP</sub>)</i>	<i>SD<sub>NP</sub></i>	<i>p<sub>NP</sub> (p-hodnota)</i>	<i>d<sub>NP</sub> (cohenovo d)</i>	<i>r<sub>NP</sub> (korelace)</i>
<b>Lokalizace</b> <i>AV ukázky č.3 a č.6</i>	0,384 (0,203)	2,27	0,061	0,169	0,871
<b>Preference</b> <i>AV ukázky č.3 a č.6</i>	0,532 (0,248)	2,78	0,034 *	0,191	
<b>Lokalizace</b> <i>Audio ukázky č.7 a č.12</i>	0,752 (0,228)	2,55	0,001 *	0,295	0,868
<b>Preference</b> <i>Audio ukázky č.7 a č.12</i>	0,864 (0,249)	2,79	<0,001 *	0,310	

Tabulka 22 Hodnoty lokalizace a preference; nezkušení posluchači (NP)

<i>Zkušení posluchači (ZP)</i>	<i>M<sub>ZP</sub> (SE<sub>ZP</sub>)</i>	<i>SD<sub>ZP</sub></i>	<i>p<sub>ZP</sub> (p-hodnota)</i>	<i>d<sub>ZP</sub> (cohenovo d)</i>	<i>r<sub>ZP</sub> (korelace)</i>
<b>Lokalizace</b> <i>AV ukázky č.3 a č.6</i>	0,957 (0,163)	1,84	<0,001 *	0,521	0,791
<b>Preference</b> <i>AV ukázky č.3 a č.6</i>	0,953 (0,191)	2,16	<0,001 *	0,442	
<b>Lokalizace</b> <i>Audio ukázky č.7 a č.12</i>	2,200 (0,177)	2,00	<0,001 *	1,102	0,647
<b>Preference</b> <i>Audio ukázky č.7 a č.12</i>	1,660 (0,202)	2,28	<0,001 *	0,730	

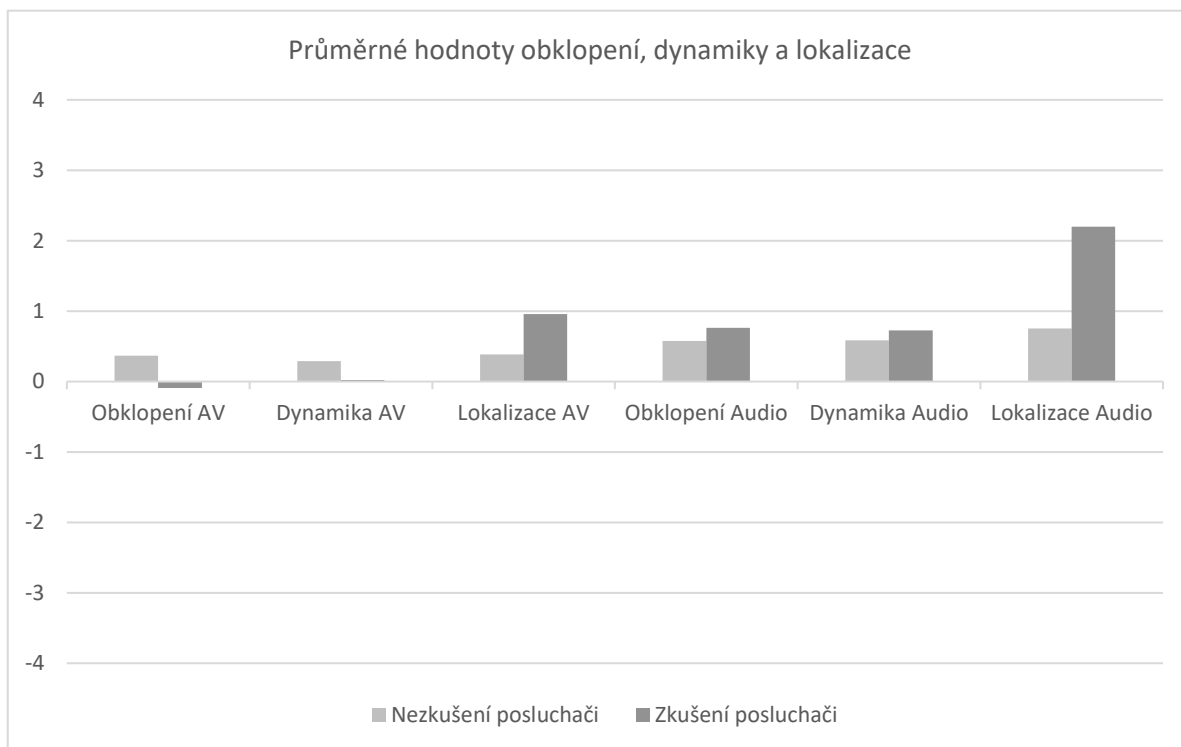
Tabulka 23 Hodnoty lokalizace a preference; zkušení posluchači (ZP)

#### 7.5.4. Nezkušení vs. zkušení posluchači

Tabulka 24 a Graf 6 rekapitulují průměrné hodnoty zkušných a nezkušných posluchačů pro atributy obklopení, dynamiky a lokalizace (viz předchozí kapitoly). Tyto hodnoty jsou doplněny o p-hodnotu porovnávací rozdílnost testovaných skupin (k porovnání jsme využili dvouvýběrový T-Test) a velikost účinku (Cohenovo  $d$ ). Jediným atributem, který testované skupiny hodnotily odlišně, je lokalizace, která byla v případě zvukových ukázek podpořena i vyšší hodnotou velikosti účinku (AV ukázky  $p = 0,028$ ;  $d = -0,278$ ; audio ukázky  $p < 0,001$ ;  $d = -0,634$ ). Pro atributy obklopení a dynamiky nebyl mezi hodnocením obou skupin statisticky signifikantní rozdíl. Můžeme však sledovat obecně nižší hodnoty směrodatných odchylek zkušných posluchačů ( $SD_{NP}$ : 2,02 – 2,55;  $SD_{ZP}$ : 1,55 – 2,03), které naznačují větší koherenci v jejich odpovědích. Tyto výsledky tak pouze částečně potvrzují  $H_3$ .

	$M_{NP}$ ( $SE_{NP}$ )	$SD_{NP}$	$M_{ZP}$ ( $SE_{ZP}$ )	$SD_{ZP}$	NP vs ZP $p$	NP vs ZP $d$
<b>Obklopení</b> <i>AV ukázky č.1 a č.5</i>	0,368 (0,192)	2,14	-0,092 (0,159)	1,79	0,065	0,233
<b>Obklopení</b> <i>Audio ukázky č.8 a č.10</i>	0,577 (0,212)	2,38	0,764 (0,180)	2,03	0,501	-0,085
<b>Dynamika</b> <i>AV ukázky č.2 a č.4</i>	0,288 (0,192)	2,14	0,023 (0,137)	1,55	0,261	0,142
<b>Dynamika</b> <i>Audio ukázky č.9 a č.11</i>	0,587 (0,180)	2,02	0,727 (0,155)	1,76	0,558	-0,0736
<b>Lokalizace</b> <i>AV ukázky č.3 a č.6</i>	0,384 (0,203)	2,27	0,957 (0,163)	1,84	0,028*	-0,278
<b>Lokalizace</b> <i>Audio ukázky č.7 a č.12</i>	0,752 (0,228)	2,55	2,200 (0,177)	2,00	<0,001*	-0,634

Tabulka 24 Rozdíly mezi nezkušnými a zkušnými posluchači



Graf 6 Znárodnění hodnot obklopení, dynamiky a lokalizace

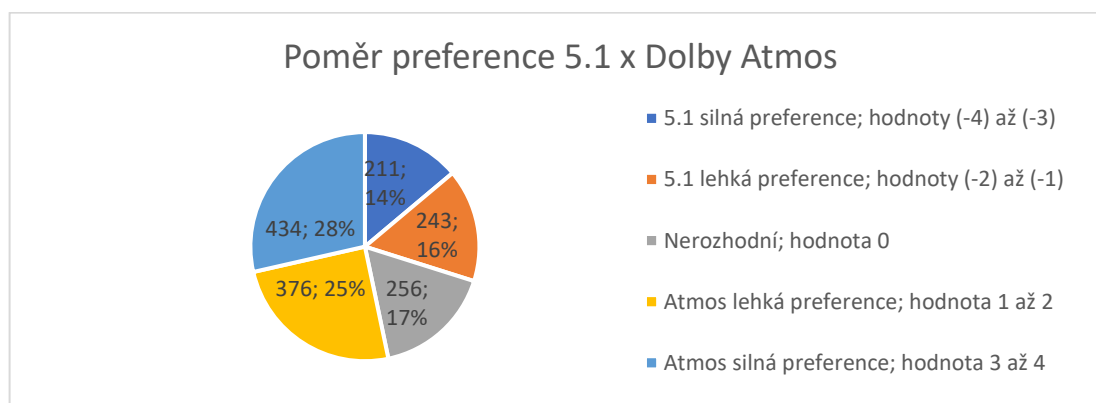


### 7.5.5. Zvuková kvalita a preference formátu

Vzhledem k obecné povaze atributů preference a zvukové kvality jsme jejich analýzu provedli na všech ukázkách pro získání komplexnějších výsledků. K vyhodnocení jsme nejprve využili jednovýběrový T-Test vůči nulové hodnotě, abychom zjistili, zdali skupiny respondentů vnímají rozdíl v kvalitě zvuku a zdali preferují jeden z prezentovaných formátů<sup>371</sup>. Následně jsme aplikovali dvouvýběrový T-Test pro porovnání testovaných skupin (zkušení a nezkušení posluchači).

Ve všech ukázkách jsme pro zvukovou kvalitu i preferenci formátu naměřili hodnoty statisticky významné ve prospěch Dolby Atmos (viz Tabulka 25 a Tabulka 26). Zároveň se ani v jednom ze sledovaných atributů odpovědí skupin statisticky významně nelišily (p-hodnota se pohybovala v rozmezí 0,276 po 0,983). Můžeme předpokládat, že vnímání zvukové kvality a preference formátů není závislé na naší posluchačské zkušenosti.

Rozhodli jsme se preferenci formátů dále analyzovat a zkoumat intenzitu preference na číselné škále. Každý ze 127 respondentů na otázku preference ukázky odpovídal 12krát – celkem jsme tedy získali 1 520 odpovědí (celkový počet měl být 1524, ale čtyři odpovědi zůstaly nevyplněné). Ty jsme následně rozdělili do pěti skupin podle hodnocení na číselné škále v dotazníku na silnou a lehkou preferenci jednotlivých formátů a nerozhodnuté odpovědi. Ze zpracovaných dat (viz Graf 7) můžeme vyčíst, že 53 % odpovědí bylo ve prospěch formátu Dolby Atmos (preference silná i lehká dohromady), naopak ve prospěch formátu 5.1 to bylo 30 % odpovědí, 17 % odpovědí pak zůstalo nerozhodných.



*Graf 7 Preference jednotlivých formátů*

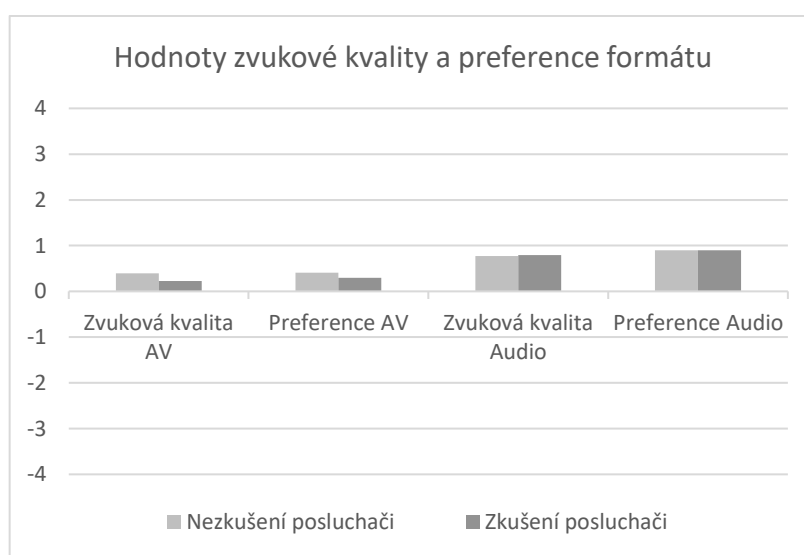
<sup>371</sup> V předchozích kapitolách jsme zkoumali preferenci formátu vždy na vybraných ukázkách, a především ve vztahu k jednotlivým atributům.

<i>Nezkušení posluchači (NP)</i>	<i>M<sub>NP</sub> (SE<sub>NP</sub>)</i>	<i>SD<sub>NP</sub></i>	<i>p<sub>NP</sub> (p-hodnota)</i>	<i>d<sub>NP</sub> (cohenovo d)</i>	<i>NP vs ZP p</i>
<i>Zvuková kvalita AV ukázky</i>	0,392 (0,121)	2,35	0,001 *	0,167	0,276
<i>Preference AV ukázky</i>	0,411 (0,136)	2,64	0,003 *	0,156	0,523
<i>Zvuková kvalita Audio ukázky</i>	0,752 (0,228)	2,55	<0,001 *	0,305	0,884
<i>Preference Audio ukázky</i>	0,864 (0,249)	2,79	<0,001 *	0,333	0,983

Tabulka 25 Hodnoty zvukové kvality a preference – všechny ukázky; nezkušení posluchači (NP)

<i>Zkušení posluchači (ZP)</i>	<i>M<sub>ZP</sub> (SE<sub>ZP</sub>)</i>	<i>SD<sub>ZP</sub></i>	<i>p<sub>ZP</sub> (p-hodnota)</i>	<i>d<sub>ZP</sub> (cohenovo d)</i>	<i>NP vs ZP p</i>
<i>Zvuková kvalita AV ukázky</i>	0,227 (0,092)	1,80	0,014 *	0,126	0,276
<i>Preference AV ukázky</i>	0,299 (0,110)	2,16	0,007 *	0,139	0,523
<i>Zvuková kvalita Audio ukázky</i>	0,793 (0,081)	1,82	<0,001 *	0,434	0,884
<i>Preference Audio ukázky</i>	0,900 (0,101)	2,27	<0,001 *	0,396	0,983

Tabulka 26 Hodnoty zvukové kvality a preference – všechny ukázky; zkušení posluchači (ZP)



Graf 8 Znárodnění hodnot zvukové kvality a preference formátu

## 7.6. Diskuze a další výzkum

V experimentu jsme prověřovali čtyři hypotézy.  $H_1$  se podařila částečně potvrdit, kdy jsme u všech zkoumaných atributů (obklopení, dynamika, lokalizace) prokázali, že zkušení i nezkušení posluchači byli schopni tyto rozdíly identifikovat při hodnocení (pouze) zvukových ukázek. Ve všech případech, které dosahovaly hodnot statistické významnosti, preferovali respondenti formát Dolby Atmos – byť s poměrně malou velikostí účinku. V případě lokalizace dokázali zkušení posluchači tyto rozdíly rozpoznat i na audiovizuálních ukázkách. Jako možné příčiny rozdílných výsledků audiovizuálních a zvukových ukázek vnímáme dva faktory. První je vliv obrazové složky – samotná přítomnost obrazu ubírá pozornost, kterou jinak věnujeme zvuku, a nejsme tak schopni se adekvátně soustředit. Druhou možnou příčinou je fakt, že zvukové ukázky v našem experimentu byly vytvořeny přímo pro potřeby tohoto výzkumu, a je tak možné, že prezentují možnosti formátu Dolby Atmos lépe než ukázky z filmů. Domníváme se, že ve výsledku jde o kombinaci obou faktorů, avšak nejsme ze získaných dat schopni zjistit, který faktor byl primární.

Hypotéza  $H_2$ , která zkoumala korelaci jednotlivých atributů a preference formátu, se taktéž podařila potvrdit pouze částečně – pro pocit obklopení a lokalizaci zvuku. U těchto dvou atributů (byť byly hodnoty korelačního koeficientu ve dvou případech lehce pod hranicí 0,7 – konkrétně pocit obklopení u nezkušených posluchačů v případě audiovizuálních ukázek a lokalizace u zkušených posluchačů v případě zvukových ukázek) existuje vztah mezi daným atributem a preferencí formátu. Lze se tedy domnívat, že větší pocit obklopení a přesnější prostorová skutečně přispívají k pozitivněji hodnocenému zvukovému zážitku oproti formátu 5.1 tak, jak prezentuje společnost Dolby Laboratories.

Třetí hypotézu  $H_3$ , kde jsme předpokládali rozdílné vnímání zkušených a nezkušených posluchačů, se podařilo potvrdit pouze pro atribut lokalizace;  $p = 0,028$  (audiovizuální ukázky) a  $p < 0,001$  (zvukové ukázky). Prezentované výsledky ukazují, že zkušení i nezkušení posluchači hodnotili atributy obklopení, dynamiky, zvukové kvality a celkové preference podobně. Pokud se však podíváme na hodnoty směrodatných odchylek, téměř ve všech sledovaných případech je u zkušených posluchačů nižší než u těch nezkušených. To značí větší koherentnost odpovědí a menší rozptyl. Vnímáme dvě možné interpretace těchto dat – jedna může souviset paradoxně s faktem, že nezkušení posluchači změny ve zvuku

nevnímali tak výrazně nebo vůbec, avšak nechtěli se „držet“ středové hodnoty, tak odpovídali do určité míry náhodně na obou stranách hodnotící škály. Druhá interpretace, která se nabízí je, že nižší hodnoty rozptylu u zkušených posluchačů jsou dány právě jejich zkušenostmi – tedy jsou schopni na základě své praxe rozdíly přesněji identifikovat a zároveň je vnímají jako určitá objektivní měřítka kvality, takže se v rámci jejich hodnocení více shodnou s ostatními. Proti tomu lze však namítnout, že zkoumané atributy jsou ryze estetického charakteru, a tak zde neplatí, že „více je lépe“, ale preference je čistě otázkou vkusu jednotlivce. V takovém případě bychom však očekávali větší rozptyl odpovědí naopak u zkušených posluchačů než u nezkušených, jelikož by měli z povahy své profese být schopni tyto aspekty vnímat mnohem intenzivněji. Přikláníme se tedy spíše k interpretaci, že někteří z respondentů pravděpodobně odpovědi hádali, čímž způsobili větší směrodatnou odchylku a rozptyl hodnot.

Poslední hypotézu H<sub>4</sub> se jako jedinou podařilo plně potvrdit. Ukázalo se, že jak zkušení, tak nezkušení posluchači preferují ukázky ve formátu Dolby Atmos a stejně tak hodnotí i zvukovou kvalitu, avšak preference ukázek i hodnocení zvukové kvality trpí poměrně nízkou hodnotou velikosti účinku (v intervalu 0,2-0,5) což snižuje význam těchto výsledků. Obecně však lze říci, že nezávisle na posluchačské zkušenosti byl Dolby Atmos preferovaný formát.

Ze získaných výsledků je evidentní, že posluchači jsou schopni rozpoznat Dolby Atmos od formátu 5.1. Lze tedy předpokládat, že může mít potenciální vliv i na prezenci či imerzi posluchače a považujeme to jako další logický krok ke zkoumání. Vzhledem k implementaci formátu v herních konzolách „nové generace“ - konkrétně Xbox Series X, by pro budoucí výzkum mohlo být podnětné zkoumání vlivu Dolby Atmos na prezenci také v interaktivních médiích (především v počítačových hrách).

Při výzkumu jsme mimo jiné narazili na poměrně veliký vliv vizuální složky na výsledné hodnoty. Tématem se zabýval například Kenji Ozawa<sup>372</sup>, který zkoumal vliv obrazu na prezenci při poslechu binaurálních ukázek. Dokázal, že obrazová složka zvyšuje pocit prezence, takže můžeme předpokládat, že se díky intenzivnějšímu pocitu prezence nedokážeme tak detailně soustředit na nuance ve zvukové reprodukci, což mohlo zapříčinit menší rozdíly u audiovizuálních ukázek.

---

<sup>372</sup> OZAWA, Kenji, Satoshi OHTAKE, Yôiti SUZUKI a Toshio SONE. Effects of visual information on auditory presence.

Tuto hypotézu by však bylo potřeba experimentálně ověřit a vnímáme to jako potenciální pole pro další výzkum. Zároveň jej považujeme za poměrně náročný na realizaci – pokud bychom chtěli zkoumat stejné atributy jako v této studii a sledovat, jak jejich vnímání ovlivňuje přítomnost obrazu, je zapotřebí, aby zvolené ukázky byly schopny fungovat jak s obrazem, jako audiovizuální celek, tak samy o sobě – bez obrazu. Pro takové potřeby nelze použít běžné filmové ukázky, jelikož použít pouze zvukovou stopu z filmu bez obrazu nedává smysl. Bylo by tak nezbytné vytvořit speciální audiovizuální ukázky, které by respektovaly jednotlivé atributy, což je však poměrně náročný proces.

I přes poměrně evidentní preferenci formátu Dolby Atmos má tento výzkum ještě rovinu estetickou. Mnozí profesionálové z oboru zvuku zastávají názor, že zvuk má vhodně doplňovat obraz, takže jeho těžiště automaticky posouvají směrem k plátnu, někteří režiséři dokonce vnímají prostorový zvuk za extrémně rušivý a jejich filmy se pak vyznačují velmi malým využitím prostorového zvuku. I přes to, že Dolby Atmos přináší kvalitativní posun reprodukce, mohou zůstat jeho benefity nevyužity z důvodu tvůrčího přístupu. S tímto tvůrčím přístupem jsme se setkali i při výběru ukázek do našeho výzkumu, jelikož se tvůrci snaží na „přítomnost“ zvuku neupozorňovat – byť by Dolby Atmos poskytl prostor pro mnohem působivější práci se zvukem, tvůrci (ať se jedná o zvukové mistry, či přímo režiséry) se velmi často tomuto „wow“ efektu, kdy na sebe zvuk strhává pozornost vyhýbají, aby nenarušili celkové vnímání filmu<sup>373</sup>. Tyto názorové či estetické rozdíly a samotné zkoumání vlivu obrazu na vnímání zvuku jsou však nad rámec tohoto výzkumu, avšak velmi zajímavé téma pro budoucí bádání.

---

<sup>373</sup> Tento přístup nelze považovat za absolutní – naopak můžeme sledovat filmy, kde je práce se zvukem velmi výrazná a poutá na sebe pozornost – např. filmy režiséra Alfonso Cuaróna *Gravitace* (2013) nebo *Roma* (2018).

## 8. Závěr

Cílem práce bylo prozkoumat tři současné technologické fenomény spjaté s rozdílnými způsoby zvukové reprodukce a jejich vliv na divácké vnímání audiovizuálního díla. Konkrétně se jednalo o binaurální audio, virtuální realitu a prostorový zvukový formát Dolby Atmos. V první části práce jsme se věnovali teoretické stránce problematiky – konkrétně rešerši teoretických konceptů věnujících se diváckému – či obecněji uživatelskému nebo čtenářskému prožitku, možnostem kvantifikace těchto konceptů a na základě získaných podkladů jsme definovali obecná východiska našeho dalšího bádání.

Hlavní přínos práce však tkví v její druhé – experimentální – části, kde jsme se v jednotlivých kapitolách věnovali daným fenoménům prakticky a na základě rešerše dosavadních výzkumů jsme pokračovali ve vlastní výzkumné činnosti. V obecné rovině můžeme říct, že většina námi zkoumaných technologií přináší divákům (či hráčům) intenzivnější pocit prezence nebo byly obecně vnímány jako „lepší“ než jejich předchůdci. Věříme, že tyto informace pomohou především nám – tvůrcům jako ukázka toho, že technologický pokrok v oblasti zvukové tvorby má smysl a bylo by chybou trvat strnule na stále stejných postupech a technologiích bez ohledu na přínosy, které nové formáty nabízí. S vývojem technologií se totiž také mění vkus a návyky diváků – např. před deseti lety bychom pravděpodobně neočekávali, že jeden z hlavních způsobů konzumace audiovizuálního obsahu bude skrze mobilní zařízení – a je na nás, tvůrcích, i na tyto změny reagovat. Náš výzkum také přináší další otázky pro budoucí výzkumnou činnost – ať se jedná o vliv obrazové složky či vztah fyziologických funkcí a subjektivního měření.

Hlavním tématem této práce bylo, jak zvuk ovlivňuje vnímání audiovizuálních děl, a věříme, že jsme ve zkoumání této problematiky postoupili opět kus dál.

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Zjednodušený přehled jednotlivých teorií imerze .....	25
Tabulka 2 Přehled často používaných dotazníků .....	49
Tabulka 3 IPQ dotazník pro testování prezence binaurálního audia .....	79
Tabulka 4 Hodnoty prezence ukázky č. 1 – Cancel .....	81
Tabulka 5 Hodnoty prezence ukázky č. 2 - Důkaz 111 .....	81
Tabulka 6 Tabulka respondentů .....	102
Tabulka 7 Flow Short Scale dotazník .....	104
Tabulka 8 IPQ dotazník .....	105
Tabulka 9 Hodnoty prezence a flow pro Rez Infinite .....	111
Tabulka 10 Hodnoty prezence a flow pro Resident Evil 7 .....	111
Tabulka 11 Interakce platformy a zvuku v Rez Infinite .....	113
Tabulka 12 Interakce platformy a zvuku v Resident Evil 7 .....	113
Tabulka 13 Hodnoty tepové frekvence (klidová a během hry) .....	115
Tabulka 14 $\Delta TF$ herní a klidové tepové frekvence pro $S_{OFF}$ a $S_{ON}$ a TV a VR.....	115
Tabulka 15 Hodnoty dechové frekvence pro $S_{OFF}$ a $S_{ON}$ a platformy TV a VR ...	115
Tabulka 16 Seznam ukázek poslechového testu .....	133
Tabulka 17 Seznam otázek poslechového testu .....	135
Tabulka 18 Hodnoty obklopení a preference; nezkušení posluchači (NP).....	138
Tabulka 19 Hodnoty obklopení a preference; zkušení posluchači (ZP) .....	138
Tabulka 20 Hodnoty dynamiky a preference; nezkušení posluchači (NP).....	140
Tabulka 21 Hodnoty dynamiky a preference; zkušení posluchači (ZP) .....	140
Tabulka 22 Hodnoty lokalizace a preference; nezkušení posluchači (NP).....	142
Tabulka 23 Hodnoty lokalizace a preference; zkušení posluchači (ZP) .....	142
Tabulka 24 Rozdíly mezi nezkušenými a zkušenými posluchači .....	143
Tabulka 25 Hodnoty zvukové kvality a preference – všechny ukázky; nezkušení posluchači (NP).....	146
Tabulka 26 Hodnoty zvukové kvality a preference – všechny ukázky; zkušení posluchači (ZP).....	146

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Poměry jednotlivých aspektů imerze dle Ermiové a Mäyry .....	19
Obrázek 2 SCI model a jeho přidružené komponenty .....	20
Obrázek 3 Model zapojení hráče .....	23
Obrázek 4 Jednotlivé komponenty způsobující teleprezenci .....	27
Obrázek 5 Definice rozsahu oblasti zkoumání prezenze dle K. M. Leeho.....	31
Obrázek 6 Dvoustupňový model prezenze podle W. Wirtha .....	32
Obrázek 7 Model stavu flow, který ukazuje podmínky pro jeho navození .....	34
Obrázek 8 Teoretický model kognitivní absorpce .....	37
Obrázek 9 EEG křivka spícího člověka.....	43
Obrázek 10 Elektrody pro měření EEG .....	43
Obrázek 11 Obličejové EMG elektrody .....	44
Obrázek 12 Základní emoce a přidružené pohyby obličejového svalstva .....	45
Obrázek 13 Senzory pro měření EDA.....	46
Obrázek 14 Znázornění fázových a intenzitních změn.....	62
Obrázek 15 Cone of confusion .....	62
Obrázek 16 Lokalizace zvuku a zapojení jednotlivých principů vnímání.....	63
Obrázek 17 Umělá hlava Neumann KU100 .....	66
Obrázek 18 Mikrofon Free Space od společnosti 3Dio .....	66
Obrázek 19 Měření HRTF V bezdozvukové komoře.....	67
Obrázek 20 Systém CAVE.....	85
Obrázek 21 Sensorama .....	91
Obrázek 22 Telesphere Mask.....	91
Obrázek 23 Sword of Damocles .....	92
Obrázek 24 NASA VIEW .....	92
Obrázek 25 Virtuality 1000CS .....	92
Obrázek 26 Rez Infinite.....	100
Obrázek 27 Resident Evil 7: Biohazard .....	100
Obrázek 28 Testování v laboratoři MysLab.....	106
Obrázek 29 Zvukové formáty na filmové kopii.....	123
Obrázek 30 Schéma reproduktorů v sále.....	130
Obrázek 31 Respondenti v sále v průběhu poslechového testu.....	131



## Seznam grafů

Graf 1 Interakce platformy a zvuku; pocit přenesení ve hře Resident Evil 7 ...	112
Graf 2 Klidová tepová frekvence a tepová frekvence během Rez Infinite.....	116
Graf 3 Klidová tepová frekvence a tepová frekvence během Resident Evil 7 ...	116
Graf 4 Dechová frekvence během hraní Rez Infinite .....	116
Graf 5 Dechová frekvence během hraní Resident Evil 7 .....	116
Graf 6 Znázornění hodnot obklopení, dynamiky a lokalizace .....	144
Graf 7 Preference jednotlivých formátů .....	145
Graf 8 Znázornění hodnot zvukové kvality a preference formátu .....	146

## Bibliografie

3Dio Free Space Binaural Microphone. In: *3Dio: Professional Binaural Microphones* [online]. 3Dio, 2021 [cit. 2021-10-30]. Dostupné z: <https://3diosound.com/products/free-space-binaural-microphone>

Advanced Health Smartwatch | Fitbit Sense. *Fitbit* [online]. Fitbit [cit. 2021-09-06]. Dostupné z: <https://www.fitbit.com/global/us/products/smartwatches/sense>

AGARWAL, Ritu a Elena KARAHANNA. Time Flies When You're Having Fun: Cognitive Absorption and Beliefs about Information Technology Usage. *MIS Quarterly* [online]. 2000, **24**(4) [cit. 2019-01-07]. ISSN 02767783. Dostupné z: doi:10.2307/3250951

AGARWAL, Ritu, V. SAMBAMURTHY a Ralph STAIR. COGNITIVE ABSORPTION AND THE ADOPTION OF NEW INFORMATION TECHNOLOGIES. *Academy of Management Proceedings* [online]. 1997, **1997**(1), 293-297 [cit. 2019-01-07]. ISSN 0065-0668. Dostupné z: doi:10.5465/ambpp.1997.4983719

AGRAWAL, Sarvesh, Adèle SIMON, Søren BECH, Klaus BæRENTSEN a Søren FORCHHAMMER. Defining Immersion: Literature Review and Implications for Research on Immersive Audiovisual Experiences. *AES 147th Convention*. New York: Audio Engineering Society, 2019.

ALEXANDER, Max. Disney Sweeps the Dust Off 'Fantasia' at 50. *New York Times*. The New York Times Company, 1990, , 13.

ALISON, Somerville Scott. The Physical Examination of the Chest in Pulmonary Consumption and Its Intercurrent Diseases. *British and Foreign Medico-Chirurgical Review*. 1861, **28**(55), 145-154.

*Ambiophonics* [online]. New York: Ambiophonics Institute [cit. 2021-09-24]. Dostupné z: <https://www.ambiophonics.org/>

AMIN, Ashfaq, Diane GROMALA, Xin TONG a Chris SHAW. Immersion in Cardboard VR Compared to a Traditional Head-Mounted Display. In: *Virtual, Augmented and Mixed Reality: 8th International Conference, VAMR 2016, Held as Part of HCI International 2016*. Toronto: Springer International Publishing, 2016, s. 269-276. ISBN 978-3-319-39907-2. ISSN 0302-9743.

ARSENAULT, Dominic. Dark waters : spotlight on immersion. *GAMEON-NA International Conference*. EUROSIS-ETI, 2005, , 50-52.

Aural ID. *Genelec* [online]. Genelec [cit. 2021-09-24]. Dostupné z: <https://www.genelec.com/aural-id>

BAREŠ, Martin. Kognitivní evokované potenciály. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie*. Praha: Care Comm, 2011, **74**(5), 508-517. ISSN 1803-6597.

BENDOVIÁ, Helena. Imerze. *Game Art: Web o umění počítačových her* [online]. Praha: Akademie múzických umění v Praze, 2013 [cit. 2021-07-19]. Dostupné z: <http://cas.famu.cz/gameart/page.php?page=7>

BEN-HUR, Zamir, David ALON, Philip ROBINSON a Ravish MEHRA. Localization of Virtual Sounds Using Sparse HRTFs. *AES International Conference on Audio for Virtual and Augmented Reality 2020*. Audio Engineering Society, 2020.

Binauralizer. *Noise Makers* [online]. Rennes [cit. 2021-09-24]. Dostupné z: <https://www.noisemakers.fr/binauralizer/>

BOERUM, Matthew, Jack KELLY, Diego QUIROZ a Patrick CHEIBAN. The Effect of Virtual Environments on Localization during a 3D Audio Production Task. *AES International Conference on Spatial Reproduction*. Tokyo: Audio Engineering Society, 2018.

BOLLEBON, Jacob, Eric HAMDAN a Filippo FAZI. A Comparison Of The Performance Of HRTF Models In Inverse Filter Design For Crosstalk Cancellation. *Conference: Reproduced Sound 2019*. Bristol, 2019. Dostupné také z: [https://www.researchgate.net/publication/337683427\\_A\\_Comparison\\_Of\\_The\\_Performance\\_Of\\_HRTF\\_Models\\_In\\_Inverse\\_Filter\\_Design\\_For\\_Crosstalk\\_Cancellation](https://www.researchgate.net/publication/337683427_A_Comparison_Of_The_Performance_Of_HRTF_Models_In_Inverse_Filter_Design_For_Crosstalk_Cancellation)

BOLLS, PAUL, ANNIE LANG a ROBERT POTTER. The Effects of Message Valence and Listener Arousal on Attention, Memory, and Facial Muscular Responses to Radio Advertisements. *Communication Research*. 2001, **28**(5), 627-651. ISSN 0093-6502. Dostupné z: doi:10.1177/009365001028005003

BORDWELL, David a Kristin THOMPSON. *Umění filmu: úvod do studia formy a stylu*. 1. V Praze: Nakladatelství Akademie múzických umění, 2011. ISBN 978-80-7331-217-6.

BROCKMYER, Jeanne, Christine FOX, Kathleen CURTISS, Evan MCBROOM, Kimberly BURKHART a Jacquelyn PIDRUZNY. The development of the Game Engagement Questionnaire: A measure of engagement in video game-playing.

*Journal of Experimental Social Psychology*. 2009, **45**(4), 624-634. ISSN 00221031. Dostupné z: doi:10.1016/j.jesp.2009.02.016

BROWN, Emily a Paul CAIRNS. A grounded investigation of game immersion. In: *Extended abstracts of the 2004 conference on Human factors and computing systems - CHI '04* [online]. New York, New York, USA: ACM Press, 2004, s. 1297-1300 [cit. 2019-01-07]. ISBN 1581137036. Dostupné z: doi:10.1145/985921.986048

CALLEJA, Gordon. *In-game: from immersion to incorporation*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 2011. ISBN 978-0-262-01546-2.

Cave automatic virtual environment. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, c2001-2021 [cit. 2021-10-19]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Cave\\_automatic\\_virtual\\_environment](https://en.wikipedia.org/wiki/Cave_automatic_virtual_environment)

CAVE Immersive Virtual Reality. In: *Mechdyne Corporation* [online]. Mechdyne Corporation, 2020 [cit. 2021-10-30]. Dostupné z: <https://www.mechdyne.com/av-vr-solutions/solutions/virtual-augmented-reality/cave/>

CLAVERO JIMÉNEZ, Marta, Amanda JAMES, Marcello GÓMEZ MAUREIRA a Isabelle KNIESTEDT. Dreadful Virtualities: A Comparative Case Study of Player Responses to a Horror Game in Virtual Reality and Flat Screen. *Advances in Computer Entertainment Technology*. Cham: Springer International Publishing, 2018, , 239-260. Lecture Notes in Computer Science. ISBN 978-3-319-76269-2. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-319-76270-8\_17

Co je Spatial Audio u AirPods Pro a kde najde využití?. <https://www.letemsvetemapplem.eu> [online]. Brno: Text Factory, 2020 [cit. 2021-07-19]. Dostupné z: <https://www.letemsvetemapplem.eu/2020/07/16/co-je-spatial-audio-u-airpods-pro-a-kde-najde-vyuziti/>

Cognitive Load Measurement using Electrodermal Activity. In: *FKI - Interactive Machine Learning Lab* [online]. Oldenburg: Künstliche Intelligenz GmbH (DFKI) [cit. 2021-10-30]. Dostupné z: <https://iml.dfki.de/cognitive-load-measurement-using-electrodermal-activity/>

COLLINGRIDGE, Dave. Validating a Questionnaire. *Methodspace* [online]. SAGE Publications, 2021 [cit. 2021-09-30]. Dostupné z: <https://www.methodspace.com/blog/validating-a-questionnaire>

CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. *Finding Flow: The Psychology of Engagement with Everyday Life*. 1. Basic Books, 1998. ISBN 9780465024117.

CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. *Beyond boredom and anxiety*. 1st ed. San Francisco: Jossey-Bass Publishers, 1975. ISBN 0875892612.

CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. *Flow : the psychology of optimal experience*. 1 vyd. New York: HarperPerennial ModernClassics, 1990, str. 6. ISBN 9780061339202.

CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly a Eva HAUSEROVÁ. *Flow: o štěstí a smyslu života*. 2. vyd., uprav. v Portále 1. Praha: Portál, 2015. ISBN 978-80-262-0918-8.

CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly a Reed LARSON. The experience sampling method. *New Directions for Methodology of Social and Behavioral Science*. 1983, (15), 41-56.

CURRAN, Noirin. *The psychology of immersion and development of a quantitative measure of immersive response in games*. Cork, 2013. Disertační práce. University College Cork. Vedoucí práce Jurek Kirakowski.

DAVIS, Fred, Richard BAGOZZI a Paul WARSHAW. User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. *Management Science*. 1989, **35**(8), 982-1003. ISSN 0025-1909. Dostupné z: doi:10.1287/mnsc.35.8.982

DearVR Micro. *Dear Reality* [online]. Düsseldorf: Dear Reality [cit. 2021-09-24]. Dostupné z: <https://www.dear-reality.com/products/dearvr-micro>

DearVR PRO. *Dear Reality* [online]. Düsseldorf: Dear Reality [cit. 2021-09-24]. Dostupné z: <https://www.dear-reality.com/products/dearvr-pro>

*Digital Cinema System Specification*. 1. Hollywood: Digital Cinema Initiatives, 2005. Dostupné také z: [https://www.dcinovies.com/archives/spec\\_v1/DCI\\_Digital\\_Cinema\\_System\\_Spec\\_v1.pdf](https://www.dcinovies.com/archives/spec_v1/DCI_Digital_Cinema_System_Spec_v1.pdf)

*Docparser: Document Parser Software* [online]. SureSwift Capital, 2017 [cit. 2021-10-09]. Dostupné z: <https://docparser.com/>

Dolby Atmos. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, c2011-2021 [cit. 2021-07-19]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Dolby\\_Atmos](https://en.wikipedia.org/wiki/Dolby_Atmos)

Dolby Atmos for content creators. *Dolby Professional* [online]. Dolby Laboratories, 2021 [cit. 2021-10-04]. Dostupné z: <https://professional.dolby.com/content-creation/Dolby-Atmos-for-content-creators/>

DOLBY LABORATORIES. *Dolby® Atmos® Next-Generation Audio for Cinema White Paper*. 2014.

DONNELLY, Marea Donnelly. The birth of the 'talkies' sounded the death knell for so many silent stars. *The Daily Telegraph* [online]. Sydney: Nationwide News Pty, 2016 [cit. 2021-07-15]. Dostupné z: <https://www.dailytelegraph.com.au/news/the-birth-of-the-talkies-sounded-the-death-knell-for-so-many-silent-stars/news-story/672605add2b50e6c09e6c46b771c0f44>

D'source Telesphere Mask | Evolution of VR. In: *D'source Digital Online Learning Environment for Design* [online]. Bombaj: The Resource for Design [cit. 2021-10-30]. Dostupné z: <https://www.dsource.in/course/virtual-reality-introduction/evolution-vr/telesphere-mask>

EGAN, Darragh, Sean BRENNAN, John BARRETT, Yuansong QIAO, Christian TIMMERER a Niall MURRAY. An evaluation of Heart Rate and ElectroDermal Activity as an objective QoE evaluation method for immersive virtual reality environments. *2016 Eighth International Conference on Quality of Multimedia Experience (QoMEX)*. IEEE, 2016, , 1-6. ISBN 978-1-5090-0354-9. Dostupné z: doi:10.1109/QoMEX.2016.7498964

Elektroencefalografie. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, c2001-2021 [cit. 2021-09-05]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektroencefalografie>

Elektroencefalografie. *Wikiskripta* [online]. Praha: Univerzita Karlova [cit. 2021-09-05]. Dostupné z: <https://www.wikiskripta.eu/w/Elektroencefalografie>

EMG. *Nemocnice Tomáše Bati ve Zlíně* [online]. Zlín: Krajská nemocnice T. Bati, 2012 [cit. 2021-09-05]. Dostupné z: <https://www.kntb.cz/emg>

ERMI, Laura a Frans MÄYRÄ. Power and control of games: Children as the actors of game cultures. *Digital Games Research Conference*. 2003.

ERMI, Laura a Frans MÄYRÄ. Fundamental Components of the Gameplay Experience: Analysing Immersion. *Worlds in Play: Int. Perspectives on Digital Games Research*. 2005, , 15-27.

Field of view. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2021-10-19]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Field\\_of\\_view](https://en.wikipedia.org/wiki/Field_of_view)

FISHBEN, Martin a Icek AJZEN. Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research. *Philosophy and Rhetoric*. 1977, **10**(2).

FOSTER, Alice, Chris PIKE a Jon FRANCOMBE. A Mixed-Methods Evaluation of Preferences Between Binaural and Stereo Broadcast Audio with Experienced and Inexperienced Listeners. *AES 148th Convention*. New York: Audio Engineering Society, 2020.

FRANCOMBE, Jon, Tim BROOKES a Russell MASON. Evaluation of Spatial Audio Reproduction Methods (Part 1): Elicitation of Perceptual Differences. *Journal of the Audio Engineering Society*. 2017, **65**(3), 198-211. ISSN 15494950. Dostupné z: doi:10.17743/jaes.2016.0070

FRANCOMBE, Jon, Tim BROOKES, Russell MASON a James WOODCOCK. Evaluation of Spatial Audio Reproduction Methods (Part 2): Analysis of Listener Preference. *Journal of the Audio Engineering Society*. 2017, **65**(3), 212-225. ISSN 15494950. Dostupné z: doi:10.17743/jaes.2016.0071

FREEMAN, Jonathan a Jane LESSITER. Really hear? The effects of audio quality on presence. *Proceedings of the Fourth Annual International Workshop on Presence*. Philadelphia, 2001, , 288-324.

GERONAZZO, Michele, Amalie ROSENKVIST, David ERIKSEN, Camilla MARKMANN-HANSEN, Jeppe KØHLERT, Miicha VALIMAA, Mikkel VITTRUP a Stefania SERAFIN. Creating an Audio Story with Interactive Binaural Rendering in Virtual Reality. *Wireless Communications and Mobile Computing*. 2019, **2019**, 1-14. ISSN 1530-8669. Dostupné z: doi:10.1155/2019/1463204

GERRIG, Richard J. *Experiencing Narrative Worlds*. 1. New Haven: Yale University Press, 1993. ISBN 9780429500633.

GORMANLEY, Stephen. Audio immersion in games — a case study using an online game with background music and sound effects. *The Computer Games Journal*. 2013, **2**(2), 103-124. ISSN 2052-773X. Dostupné z: doi:10.1007/BF03392344

GREEN, Melanie a Timothy BROCK. In the Mind's Eye Transportation-Imagery Model of Narrative Persuasion. *Narrative Impact*. 1. Psychology Press, 2002, s. 315-341. ISBN 9781410606648.

GREEN, Melanie a Timothy BROCK. The role of transportation in the persuasiveness of public narratives. *Journal of Personality and Social Psychology*. 2000, **79**(5), 701-721. ISSN 0022-3514. Dostupné z: doi:10.1037//0022-3514.79.5.701

GRIMSHAW, Mark, Craig LINDLEY a Lennart NACKE. Sound and Immersion in the First-Person Shooter: Mixed Measurement of the Player's Sonic Experience. *Audio Mostly - a conference on interaction with sound*. 2008.

HAMASAKI, Kimio, Koichiro HIYAMA, Toshiyuki NISHIGUCHI a Reiko OKUMURA. Effectiveness of Height Information for Reproducing the Presence and Reality in Multichannel Audio System. *AES 120th Convention*. Paříž: Audio Engineering Society, 2006.

HCD RESEARCH. *WHAT IS FACIAL EMG?* [online]. HCD Research [cit. 2021-10-30]. Dostupné z: <http://hcdi.net/wp-content/uploads/2020/03/fEMG-Whitepaper.pdf>

Headgear Neck, eeg. In: *PNGWing* [online]. [cit. 2021-10-30]. Dostupné z: <https://www.pngwing.com/en/free-png-irnxw>

How did virtual reality begin?. *Virtual Reality Society* [online]. Virtual Reality Society, 2017 [cit. 2021-10-20]. Dostupné z: <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/beginning.html>

How Virtual Reality Works. *HowStuffWorks* [online]. [cit. 2021-09-22]. Dostupné z: <https://electronics.howstuffworks.com/gadgets/other-gadgets/virtual-reality.htm#pt8>

HOWIE, Will, Richard KING a Denis MARTIN. Listener Discrimination Between Common Speaker-Based 3D Audio Reproduction Formats. *Journal of the Audio Engineering Society*. 2017, **65**(10), 796-805. ISSN 15494950. Dostupné z: doi:10.17743/jaes.2017.0030



CHION, Michel. *Audio-vision Sound on Screen*. 14. New York: Columbia University Press, 1994. ISBN 9780231078993.

Igroup presence questionnaire (IPQ). *Igroup.org - project consortium* [online]. c1995-2016 [cit. 2021-09-28]. Dostupné z: <http://www.igroup.org/pq/ipq/index.php>

IJSSELSTEIJN, Wijnand a Yvonne DE KORT. *The Game Experience Questionnaire*. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven, 2013.

IJSSELSTEIJN, Wijnand, Yvonne DE KORT a Karolien POELS. Digital games as social presence technology : development of the social presence in gaming questionnaire (SPGQ). *Proceedings of the 10th Annual International Workshop on Presence, October 25-27, 2007*. 2007, , 195-203.

*International Standard Audiovisual Number (ISAN) — Part 1: Audiovisual work identifier*. 1. Ženeva: Mezinárodní organizace pro normalizaci, 2002. Dostupné také z: <https://www.iso.org/standard/28779.html>

IVARSSON, Malena, Martin ANDERSON, Torbjörn ÅKERSTEDT a Frank LINDBLAD. Playing a violent television game affects heart rate variability. *Acta Paediatrica*. 2009, **98**(1), 166-172. ISSN 08035253. Dostupné z: doi:10.1111/j.1651-2227.2008.01096.x

JACKSON, Susan a Herbert MARSH. Development and Validation of a Scale to Measure Optimal Experience: The Flow State Scale. *Journal of Sport and Exercise Psychology*. 1996, **18**(1), 17-35. ISSN 0895-2779. Dostupné z: doi:10.1123/jsep.18.1.17

JENNETT, Charlene, Anna COX, Paul CAIRNS, Samira DHOPAREE, Andrew EPPS, Tim TIJS a Alison WALTON. Measuring and defining the experience of immersion in games. *International Journal of Human-Computer Studies*. 2008, **66**(9), 641-661. ISSN 10715819. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijhcs.2008.04.004

John Carmack Interview At E3 2012: Oculus Rift Virtual Reality Headset. *Youtube* [online]. [cit. 2021-09-22]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=UyuMVazQPos>

JOHNSON, Don a Dan DUDGEON. *Array Signal Processing: Concepts and Techniques*. 1. Pearson, 1993. ISBN 0130485136.

*Kemar.us* [online]. [cit. 2021-09-25]. Dostupné z: <http://kemar.us/>

KIM, Daehwan, Yong KO a Xun HE. The impact of virtual reality (VR) technology on sport spectators' flow experience and satisfaction: The Aftermath of a Conceptual Challenge. *Computers in Human Behavior*. 2019, **93**, 346-356. ISSN 07475632. Dostupné z: doi:10.1016/j.chb.2018.12.040

KREVELEN, Rick Van. *Augmented Reality: Technologies, Applications, and Limitations*. VU University Amsterdam, 2007. Dostupné z: doi:10.13140/RG.2.1.1874.7929

LAMSON, Horatio W. THE USE OF SOUND IN NAVIGATION. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1930, **1**(3), 403-409. ISSN 0001-4966. Dostupné z: doi:10.1121/1.1915195

LEE, Kwan Min. Presence, Explicated. *Communication Theory*. 2004, **14**(1), 27-50. ISSN 1050-3293. Dostupné z: doi:10.1111/j.1468-2885.2004.tb00302.x

LESSITER, Jane, Jonathan FREEMAN, Edmund KEOGH a Jules DAVIDOFF. A Cross-Media Presence Questionnaire: The ITC-Sense of Presence Inventory. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. 2001, **10**(3), 282-297. ISSN 1054-7460. Dostupné z: doi:10.1162/105474601300343612

LIN, T.A. a L.R. JOHN. Quantifying Mental Relaxation with EEG for use in Computer Games. *International Conference on Internet Computing*. 2006, , 409-415.

LIU, Xinxiong, Jing ZHANG, Guoxiang HOU a Zenan WANG. Virtual Reality and Its Application in Military. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018, **170**. ISSN 1755-1307. Dostupné z: doi:10.1088/1755-1315/170/3/032155

LOMBARD, Matthew a Theresa DITTON. At the Heart of It All: The Concept of Presence. *Journal of Computer-Mediated Communication*. 1997, **3**(2). ISSN 10836101. Dostupné z: doi:10.1111/j.1083-6101.1997.tb00072.x

Long before the Oculus there was the Virtuality 1000cs System introduced in October 1991 and powered by an Amiga 3000. In: *Reddit - Dive into anything* [online]. reddit, 2021 [cit. 2021-10-30]. Dostupné z: [https://www.reddit.com/r/gaming/comments/beelzf/long\\_before\\_the\\_oculus\\_the\\_re\\_was\\_the\\_virtuality/](https://www.reddit.com/r/gaming/comments/beelzf/long_before_the_oculus_the_re_was_the_virtuality/)

LUNDQVIST, Lars-Olov, Fredrik CARLSSON, Per HILMERSSON a Patrik JUSLIN. Emotional responses to music: experience, expression, and physiology. *Psychology*

*of Music*. 2009, **37**(1), 61-90. ISSN 0305-7356. Dostupné z: doi:10.1177/0305735607086048

MARTIROSOV, Sergo a Pavel KOPECEK. Virtual Reality and its Influence on Training and Education - Literature Review. *Proceedings of the 28th International DAAAM Symposium 2017*. DAAAM International Vienna, 2017, , 0708-0717. DAAAM Proceedings. ISBN 9783902734112. Dostupné z: doi:10.2507/28th.daaam.proceedings.100

MCMAHAN, Alison. Immersion, Engagement, and Presence: A Method for Analyzing 3-D Video Games. *The video game theory reader*. London: Routledge, 2003, s. 67-86. ISBN 0415965799.

MICHAILIDIS, Lazaros, Emili BALAGUER-BALLESTER a Xun HE. Flow and Immersion in Video Games: The Aftermath of a Conceptual Challenge. *Frontiers in Psychology*. 2018, **9**. ISSN 1664-1078. Dostupné z: doi:10.3389/fpsyg.2018.01682

MINSKY, Marvin. Telepresence. *OMNI Magazine*. 1980, , 44-52.

MURRAY, Janet Horowitz. *Hamlet on the holodeck: the future of narrative in cyberspace*. 1. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1997. ISBN 978-026-2631-877.

NACKE, Lennart a Craig LINDLEY. *Affective Ludology, Flow and Immersion in a First- Person Shooter: Measurement of Player Experience* [online]. 2010 [cit. 2021-09-05]. Dostupné z: <https://arxiv.org/abs/1004.0248>

NEUMANN. In: *Neumann.Berlin* [online]. Berlin: Georg Neumann, c2018-2021 [cit. 2021-10-30]. Dostupné z: <https://en-de.neumann.com/ku-100>

NILSSON, Niels, Rolf NORDAHL a Stefania SERAFIN. Immersion Revisited: A review of existing definitions of immersion and their relation to different theories of presence. *Human Technology*. 2016, **12**(2), 108-134. ISSN 17956889. Dostupné z: doi:10.17011/ht/urn.201611174652

NORDIN, A., Alena DENISOVA a Paul CAIRNS. Too Many Questionnaires: Measuring Player Experience Whilst Playing Digital Games. *The Seventh York Doctoral Symposium on Computer Science and Electronics*. York, 2014.

NORDLUND, B. a G. LIDÉN. An Artificial Head. *Acta Oto-Laryngologica*. 2009, **56**(2-6), 493-499. ISSN 0001-6489. Dostupné z: doi:10.3109/00016486309127442

*Oculus* [online]. Facebook Technologies [cit. 2021-10-20]. Dostupné z: <https://support.oculus.com/articles/headsets-and-accessories/controllers-and-hand-tracking/index-controllers-hand-tracking/>

OLIVE, Sean E. Differences in Performance and Preference of Trained versus Untrained Listeners in Loudspeaker Tests: A Case Study. *Journal of the Audio Engineering Society*. 2003, **51**(9), 806-825. ISSN 15494950. Dostupné také z: <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=18556>

ORAMUS, Tomáš a Kateřina LUKAVSKÁ. Prožitek flow a zkreslené vnímání času při hraní Rez Infinite a Resident Evil. Vliv konkrétní herní platformy a zvuku na flow a přesnost vnímání času. *ArteActa*. Praha: Nakladatelství Akademie múzických umění, 2018, **1**(2), 55-72. ISSN 2571-1695.

ORAMUS, Tomáš a Kateřina LUKAVSKÁ. Comparison of the Effect of Control Mapping on Players' Presence in Different Environments. *Journal of Interactive Media*. 2019.

OZAWA, Kenji, Satoshi OHTAKE, Yôiti SUZUKI a Toshio SONE. Effects of visual information on auditory presence. *Acoustical Science and Technology*. 2003, **24**(2), 97-99. ISSN 1346-3969. Dostupné z: doi:10.1250/ast.24.97

PALLAVICINI, Federica, Ambra FERRARI, Alessandro PEPE, Giacomo GARCEA, Andrea ZANACCHI a Fabrizia MANTOVANI. Effectiveness of Virtual Reality Survival Horror Games for the Emotional Elicitation: Preliminary Insights Using Resident Evil 7. *Universal Access in Human-Computer Interaction. Virtual, Augmented, and Intelligent Environments*. Cham: Springer International Publishing, 2018, , 87-101. Lecture Notes in Computer Science. ISBN 978-3-319-92051-1. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-319-92052-8\_8

PAUL, Stephan. Binaural Recording Technology: A Historical Review and Possible Future Developments. *Acta Acustica united with Acustica*. 2009, **95**(5), 767-788. ISSN 16101928. Dostupné z: doi:10.3813/AAA.918208

POIRIER-QUINOT, David a Brian KATZ. Impact of HRTF individualization on player performance in a VR shooter game I. *AES Conference on Spatial Reproduction*. Tokyo: Audio Engineering Society, 2018.

POLLOW, Martin, Bruno MASIERO, Pascal DIETRICH, Janina FELS a Michael VORLÄNDER. Fast measurement system for spatially continuous individual HRTFs.

*AES UK 25th Conference: Spatial Audio in Today's 3D World*. York: Audio Engineering Society, 2012.

*Resident Evil 7: Biohazard* [videohra]. Capcom, 2017.

RETTIE, Ruth. *Using Goffman's Frameworks to Explain Presence and Reality*. Londýn, 2004. Kingston University.

*Rez Infinite* [videohra]. Resonair, 2016.

RISOUD, M., J.-N. HANSON, F. GAUVRIT, C. RENARD, P.-E. LEMESRE, N.-X. BONNE a C. VINCENT. Sound source localization. *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases*. 2018, **135**(4), 259-264. ISSN 18797296. Dostupné z: doi:10.1016/j.anorl.2018.04.009

ROZENN, Nicol, Olivier DUFOR, Laetitia GROS, Pascal RUEFF a Nicolas FARRUGIA. EEG measurement of binaural sound immersion. *EAA Spatial Audio Signal Processing Symposium*. Paříž, 2019, , 73-78.

RYAN, Marie-Laure. *Narrative as virtual reality: immersion and interactivity in literature and electronic media*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2001. Parallax (Baltimore, Md.). ISBN 9780801864872.

RYAN, Marie-Laure. Interactive Narrative, Plot Types, and Interpersonal Relations. *Interactive Storytelling*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008, , 6-13. Lecture Notes in Computer Science. ISBN 978-3-540-89424-7. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-540-89454-4\_2

Sales of virtual reality head-mounted displays worldwide in 2016 and 2020. *Statista* [online]. [cit. 2021-09-22]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/697159/head-mounted-display-unit-sales-worldwide/>

SCHUEMIE, Martijn, Peter VAN DER STRAATEN, Merel KRIJN a Charles VAN DER MAST. *Research on Presence in Virtual Reality: A Survey*. 2001, **4**(2), 183-201. ISSN 1094-9313. Dostupné z: doi:10.1089/109493101300117884

SKALSKI, Paul, Ron TAMBORINI, Ashleigh SHELTON, Michael BUNCHER a Pete LINDMARK. *Mapping the road to fun: Natural video game controllers, presence, and game enjoyment*. 2011, **13**(2), 224-242. ISSN 1461-4448. Dostupné z: doi:10.1177/1461444810370949

SLATER, Mel. Measuring Presence: A Response to the Witmer and Singer Presence Questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. 1999, **8**(5), 560-565. ISSN 1054-7460. Dostupné z: doi:10.1162/105474699566477

SLATER, Mel. A note on presence terminology. *Presence Connect*. 2003, (3).

SLATER, Mel, Vasilis LINAKIS, Martin USOH a Rob KOOPER. Immersion, presence and performance in virtual environments. *Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology - VRST '96*. New York, New York, USA: ACM Press, 1996, , 163-172. ISBN 0897918258. Dostupné z: doi:10.1145/3304181.3304216

SLATER, Mel a Martin USOH. *An Experimental Exploration of Presence in Virtual Environments*. Londýn, 1993. Technický dokument. QMW University of London,.

SLATER, Mel, Martin USOH a Anthony STEED. Taking steps. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*. 1995, **2**(3), 201-219. ISSN 1073-0516. Dostupné z: doi:10.1145/210079.210084

SLATER, Mel a Sylvia WILBUR. A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. 1997, **6**(6), 603-616. ISSN 1054-7460. Dostupné z: doi:10.1162/pres.1997.6.6.603

SOTGIU, Andrea, Mauro COCCOLI a Gianni VERCELLI. Comparing the perception of 'sense of presence' between a stereo mix and a binaural mix in immersive music. *AES 148th Convention*. New York: Audio Engineering Society, 2020.

SOUKUP, Petr. Věcná významnost výsledků a její možnosti měření. *Data a výzkum - SDA Info*. 2013, **127**(2), 125-148. ISSN 23362391. Dostupné z: doi:10.13060/23362391.2013.127.2.41

Sound for Film. In: *POST & CINEMA: Post-Production and Cinematography Project* [online]. [cit. 2021-10-30]. Dostupné z: <https://postandcinema.wordpress.com/2011/11/01/digital-sound-for-film/>

SRIDHAR, Rahulram a Edgar CHOUÉIRI. A method for efficiently calculating head-related transfer functions directly from head scan point clouds. *AES 143rd Convention*. New York: Audio Engineering Society, 2017.

STEUER, Jonathan. Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence. *Journal of Communication*. 1992, **42**(4), 73-93. ISSN 00219916. Dostupné z: doi:10.1111/j.1460-2466.1992.tb00812.x

STIENSMEIER-PELSTER, Joachim a Falko RHEINBERG. *Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept*. 1. Hogrefe Verlag, 2003. ISBN 9783840916748. Dostupné také z: <https://books.google.cz/books?id=5pbkQ2i9p4EC>

Street Hassle. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, c2001-2021 [cit. 2021-09-25]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Street\\_Hassle](https://en.wikipedia.org/wiki/Street_Hassle)

SUTTON, S., M. BRAREN, J. ZUBIN a E. JOHN. Evoked-Potential Correlates of Stimulus Uncertainty. *Science*. 1965, **150**(3700), 1187-1188. ISSN 0036-8075. Dostupné z: doi:10.1126/science.150.3700.1187

Systém psychofyziologický. *Katedra psychologie* [online]. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci [cit. 2021-09-06]. Dostupné z: <https://psych.upol.cz/veda-a-vyzkum/laboratore-katedry/system-psychofyziologicky/>

ŠTOREK, Dominik, Jaroslav BOUŠE, František RUND a Petr MARŠÁLEK. Artifact Reduction in Positioning Algorithm Using Differential HRTF. *Journal of the Audio Engineering Society*. Audio Engineering Society, 2016, **64**(4), 208-217. ISSN 15494950. Dostupné z: doi:10.17743/jaes.2016.0001

TAVAKOL, Mohsen a Reg DENNICK. Making sense of Cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education*. 2011, **2**, 53-55. ISSN 20426372. Dostupné z: doi:10.5116/ijme.4dfb.8dfd

The History of Binaural Audio, Part 1: The First Experiments, 1881-1939. *LinkedIn* [online]. [cit. 2021-09-22]. Dostupné z: <https://www.linkedin.com/pulse/history-binaural-audio-part-1-anthony-mattana/>

The Importance of Frame Rates. *VR for Architecture, Engineering and Construction* [online]. Wild Technology, 2021 [cit. 2021-10-19]. Dostupné z: <https://help.irisvr.com/hc/en-us/articles/215884547-The-Importance-of-Frame-Rates>

*The jamovi project* [online]. 2021 [cit. 2021-09-28]. Dostupné z: <https://www.jamovi.org/>

The Revenge. *BBC* [online]. Londýn, 2020 [cit. 2021-09-25]. Dostupné z: <https://www.bbc.co.uk/mediacentre/proginfo/2016/07/the-revenge>

The Sensorama: One of the First Functioning Efforts in Virtual Reality. In: *History of Information* [online]. Jeremy M. Norman, c2004-2021 [cit. 2021-10-30]. Dostupné z: <https://www.historyofinformation.com/detail.php?id=2785>

The Telephone at the Paris Opera (1881). *United States Early Radio History* [online]. 1996 [cit. 2021-09-25]. Dostupné z: <http://earlyradiohistory.us/1881opr.htm>

The Virtual Interface Environment Workstation (VIEW), 1990. *NASA* [online]. National Aeronautics and Space Administration, 2021 [cit. 2021-10-20]. Dostupné z: [https://www.nasa.gov/ames/spinoff/new\\_continent\\_of\\_ideas/](https://www.nasa.gov/ames/spinoff/new_continent_of_ideas/)

Theatrical Releases in Dolby Vision and Dolby Atmos. *Dolby Professional* [online]. Dolby Laboratories, 2021 [cit. 2021-10-04]. Dostupné z: <https://professional.dolby.com/cinema/theatrical-releases/>

THON, Jan-Noel. Immersion Revisited: On the Value of a Contested Concept. *Extending experiences: structure, analysis and design of computer game player experience*. Rovaniemi: Lapland University Press, 2008, s. 29-43. ISBN 978-952-484-197-9.

TIAN, Yu, Yulong BIAN, Pigu HAN, Peng WANG, Fengqiang GAO a Yingmin CHEN. Physiological Signal Analysis for Evaluating Flow during Playing of Computer Games of Varying Difficulty. *Frontiers in Psychology*. 2017, **8**. ISSN 1664-1078. Dostupné z: [doi:10.3389/fpsyg.2017.01121](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01121)

Time Machines: NASA goes virtual at CES. *Engadget* [online]. Verizon Media, 2013 [cit. 2021-10-20]. Dostupné z: <https://www.engadget.com/2013-12-15-time-machines.html>

Transaural. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2021 [cit. 2021-09-24]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Transaural>

Unit shipments of virtual reality (VR) devices worldwide from 2017 to 2019 (in millions), by vendor. *Statista* [online]. [cit. 2021-10-03]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/671403/global-virtual-reality-device-shipments-by-vendor/>



USHER, Raymond, Paul ROBERTSON a Robin SLOAN. Physical responses (arousal) to audio in games. *The Computer Games Journal*. 2013, **2**(2), 5-13. ISSN 2052-773X. Dostupné z: doi:10.1007/BF03392340

VAN DEN HOOGEN, Wouter, Wijand IJSSELSTEIJN a Yvonne DE KORT. Effects of Sensory Immersion on Behavioural Indicators of Player Experience: Movement Synchrony and Controller Pressure. In: *Proceedings of the 2009 DiGRA International Conference: Breaking New Ground: Innovation in Games, Play, Practice and Theory*. Londýn: Brunel University, 2009. ISSN 2342-9666.

VAN LAER, Tom, Ko DE RUYTER, Luca VISCONTI a Martin WETZELS. The Extended Transportation-Imagery Model: A Meta-Analysis of the Antecedents and Consequences of Consumers' Narrative Transportation. *Journal of Consumer Research*. 2014, **40**(5), 797-817. ISSN 0093-5301. Dostupné z: doi:10.1086/673383

VFX1 Headgear. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, c2001-2021 [cit. 2021-10-19]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/VFX1\\_Headgear](https://en.wikipedia.org/wiki/VFX1_Headgear)

Virtual reality market size in 2018 with forecast for 2019. *VIAR 360* [online]. Seattle: VIAR, 2019 [cit. 2021-08-18]. Dostupné z: <https://www.viar360.com/virtual-reality-market-size-2018/>

Virtuality (product). In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, c2001-2021 [cit. 2021-10-20]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Virtuality\\_\(product\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Virtuality_(product))

VIVE Pro 2 Overveiw. *VIVE* [online]. HTC Corporation, c2011-2021 [cit. 2021-10-19]. Dostupné z: <https://www.vive.com/us/product/vive-pro2/overview/>

VÖLK, Florian, Jörg ENCKE, Jasmin KREH a Werner HEMMERT. Relevance of Headphone Characteristics in Binaural Listening Experiments: A Case Study. *AES 143rd Convention*. New York, 2017.

VOLLMEYER, Regina a Falko RHEINBERG. Motivational Effects on Self-Regulated Learning with Different Tasks. *Educational Psychology Review*. 2006, **18**(3), 239-253. ISSN 1040-726X. Dostupné z: doi:10.1007/s10648-006-9017-0

WADE, Nicholas a Diana DEUTSCH. Binaural Hearing—Before and After the Stethophone. *Acoustics Today*. 2008, **4**(3). ISSN 1557-0215. Dostupné z: doi:10.1121/1.2994724

What Is Facial EMG and How Does It Work?. In: *IMotions: Unpack Human Behavior* [online]. iMotions [cit. 2021-10-30]. Dostupné z: <https://imotions.com/blog/facial-electromyography/>

Why Is Refresh Rate and FOV Important for a VR Headset?. *VR Headset Authority - The Best VR Headset Reviews and Advice* [online]. VR Headset Authority, 2019 [cit. 2021-10-19]. Dostupné z: <https://vrheadsetauthority.com/why-is-refresh-rate-and-fov-important-for-a-vr-headset/>

WIRTH, Werner, Tilo HARTMANN, Saskia BÖCKING, Peter VORDERER, Christoph KLIMMT, Holger SCHRAMM, Timo SAARI, Jari LAARNI, Niklas RAVAJA et al. A Process Model of the Formation of Spatial Presence Experiences. *Media Psychology*. 2007, **9**(3), 493-525. ISSN 1521-3269. Dostupné z: doi:10.1080/15213260701283079

WISNIEWSKI, Matthew, Griffin ROMIGH, Stephanie KENZIG, Nandini IYER, Brian SIMPSON, Eric THOMPSON a Clayton ROTHWELL. Enhanced auditory spatial performance using individualized head-related transfer functions: An event-related potential study. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2016, **140**(6), 539-544. ISSN 0001-4966. Dostupné z: doi:10.1121/1.4972301

WITMER, Bob a Michael SINGER. Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. 1998, **7**(3), 225-240. ISSN 1054-7460. Dostupné z: doi:10.1162/105474698565686

ZHONG, Xuan, William YOST a Liang SUN. Dynamic binaural sound source localization with ITD cues: Human listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2015, **137**(4), 2376-2376. ISSN 0001-4966. Dostupné z: doi:10.1121/1.4920636