

**TRNAVSKÁ UNIVERZITA V TRNAVE**  
**FAKULTA ZDRAVOTNÍCTVA A SOCIÁLNEJ PRÁCE**  
**MATEMATICKÝ ÚSTAV SAV, v. v. i.**  
**MOVING MEDICAL MEDIA s. r. o.**



moving medical media  
next dimension of education

**VÝSKUMNÁ SPRÁVA PROJEKTU**

**DIGITÁLNE RIEŠENIA NA PODPORU DUŠEVNÉHO ZDRAVIA**  
**PACIENTOV S CHRONICKÝM ZLYHANÍM SRDCA**

**(DIGIMENT)**

**Projekt č.: 09I05-03-V02-00084**

**Grantová schéma: POO**

**Trvanie projektu: 04/2024 – 06/2026**

**Kolektív autorov zodpovedných za WP 2**

## OBSAH

|          |                                                                                                                |           |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>TERAPIA DUŠEVNÉHO ZDRAVIA VO VIRTUÁLNEJ REALITE .....</b>                                                   | <b>4</b>  |
| 1.1      | META-ANALÝZY A PREHLADOVÉ ŠTÚDIE .....                                                                         | 4         |
| 1.2      | RANDOMIZOVANÉ KONTROLOVANÉ ŠTÚDIE .....                                                                        | 4         |
| 1.2.1    | <i>Intervencie zamerané na depresiu .....</i>                                                                  | <i>4</i>  |
| 1.2.2    | <i>Zvládanie úzkosti a stresu.....</i>                                                                         | <i>5</i>  |
| 1.3      | DŮKAZY ŠPECIFICKÉ PRE KARDIÁLNU POPULÁCIU .....                                                                | 5         |
| 1.4      | BEZPEČNOSŤ A KONTRAINDIKÁCIE V KARDIÁLNYCH POPULÁCIÁCH .....                                                   | 6         |
| 1.5      | KOMERČNÉ RIEŠENIA A ANALÝZA PLATFORM .....                                                                     | 7         |
| 1.6      | NÁKLADOVÁ EFEKTÍVNOSŤ A IMPLEMENTAČNÁ EKONOMIKA .....                                                          | 8         |
| 1.7      | ZHRNUTIE VR TERAPEUTICKÝCH PRÍSTUPOV A KLINICKÝCH APLIKÁCIÍ.....                                               | 8         |
| 1.8      | ODPORÚČANIA PRE IMPLEMENTÁCIU .....                                                                            | 10        |
| 1.9      | ZÁVER .....                                                                                                    | 11        |
| 1.10     | ZOZNAM LITERATÚRY.....                                                                                         | 12        |
| <b>2</b> | <b>NÁVRH.....</b>                                                                                              | <b>16</b> |
| 2.1      | VR RÁMEC PRE TERAPEUTICKÉ ÚČELY .....                                                                          | 16        |
| 2.1.1    | <i>VR Application .....</i>                                                                                    | <i>17</i> |
| 2.1.2    | <i>Synchronization Service .....</i>                                                                           | <i>20</i> |
| 2.1.3    | <i>Generative AI Service.....</i>                                                                              | <i>20</i> |
| 2.2      | PRÍPADY POUŽITIA .....                                                                                         | 20        |
| 2.2.1    | <i>UC1: Výber a spustenie terapeutického modulu .....</i>                                                      | <i>20</i> |
| 2.2.2    | <i>UC2: Absolvovanie VR expozičnej terapie.....</i>                                                            | <i>20</i> |
| 2.2.3    | <i>UC3: Relaxácia a tréning mindfulness cez pokojné aktivity .....</i>                                         | <i>21</i> |
| 2.2.4    | <i>UC4: VR behaviorálna aktivácia (XR-BA).....</i>                                                             | <i>21</i> |
| 2.3      | ŠTRUKTÚRA TERAPEUTICKÝCH TRÉNINGOV .....                                                                       | 22        |
| 2.4      | TERAPEUTICKÉ MODULY VR SYSTÉMU .....                                                                           | 23        |
| 2.4.1    | <i>Modul 1: Stúpanie do kopca vo VR (prekonávanie prekážok, graduálna expozícia, budovanie odolnosti).....</i> | <i>23</i> |
| 2.4.2    | <i>Modul 2: Rybárčenie vo VR – terapia pokojom a trpezlivosťou.....</i>                                        | <i>24</i> |
| 2.4.3    | <i>Modul 3: Zrúcanina vo VR – Objavovanie a Kontrolované Prekonávanie Úzkosti .....</i>                        | <i>26</i> |
| 2.4.4    | <i>Modul 4: Jaskyňa/Pivnica vo VR – Prekonávanie Neistoty a Budovanie Odolnosti vo Novom Prostredí.....</i>    | <i>28</i> |
| 2.4.5    | <i>Modul 5: Galéria vo VR – Objavovanie a Vyjadrovanie Estetických Preferencií.....</i>                        | <i>30</i> |
| 2.4.6    | <i>Modul 6: Amfiteáter v Prírode vo VR – Terapia Hudbou a Pokojom .....</i>                                    | <i>32</i> |
| 2.4.7    | <i>Modul 7: VR 360 Video – Les a príroda (Pasívna imerzia pre zníženie úzkosti).....</i>                       | <i>34</i> |
| 2.4.8    | <i>Modul 8: Bezpečná zóna - Sociálna VR terapia .....</i>                                                      | <i>37</i> |
| <b>3</b> | <b>PRVOTNÁ IMPLEMENTÁCIA VYBRANÝCH MODULOV.....</b>                                                            | <b>39</b> |
| 3.1      | SOFTVÉROVÁ ARCHITEKTÚRA A IMPLEMENTOVANÉ KOMPONENTY .....                                                      | 39        |
| 3.2      | PREHLAD ASSETOV, SHADEROV A MATERIÁLOV .....                                                                   | 40        |
| 3.3      | MODUL 1: STÚPANIE DO KOPCA VO VR .....                                                                         | 42        |
| 3.3.1    | <i>Možnosti rozšírenia modulu – Pokročilá lokomócia a pohybové aktivity.....</i>                               | <i>44</i> |

|          |                                                                                   |           |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.4      | MODUL 2: RYBÁRČENIE VO VR .....                                                   | 45        |
| 3.4.1    | <i>Možnosti rozšírenia modulu - Podpora motivácie a udržania pozornosti .....</i> | <i>47</i> |
| <b>4</b> | <b>FINÁLNA IMPLEMENTÁCIA.....</b>                                                 | <b>49</b> |
| 4.1      | MODUL 3: GALÉRIA VO VR .....                                                      | 49        |
| 4.1.1    | <i>Prehľad assetov, shaderov a materiálov .....</i>                               | <i>50</i> |
| 4.2      | MODUL 4: AMFITEÁTER V PRÍRODE VO VR.....                                          | 52        |
| 4.2.1    | <i>Prehľad assetov, shaderov a materiálov .....</i>                               | <i>52</i> |
| 4.2.2    | <i>Technológie použité v module .....</i>                                         | <i>55</i> |
| 4.3      | MODUL 5: BEZPEČNÁ ZÓNA (VIRTUÁLNA KAVIAREŇ) .....                                 | 55        |
| 4.3.1    | <i>Prehľad assetov, shaderov a materiálov .....</i>                               | <i>56</i> |
| 4.4      | MODUL 6 A 7: VR 360 VIDEO (RIEKA A ABSTRAKTNÉ PROSTREDIE) .....                   | 60        |

# 1 Terapia duševného zdravia vo virtuálnej realite

## 1.1 Meta-analýzy a prehľadové štúdie

Meta-analýza (Powers a Emmelkamp, 2008) uvádza veľký efekt (Cohenovo  $d = 1,11$ ) v prospech expozičnej terapie vo virtuálnej realite (VRET) pri liečbe úzkostných porúch v porovnaní s kontrolnými podmienkami. V súhrne sa ukazuje, že VRET je vysoko účinná pri liečbe fóbií a dosahuje lepšie výsledky než neaktívne (čakanie na terapiu, kontrola pozornosti) aj aktívne kontrolné podmienky (relaxačné techniky, biblioterapia). Zaujímavé je, že táto meta-analýza zistila, že VRET dosahuje účinnosť porovnateľnú s in-vivo expozičnou terapiou, pričom zároveň ponúka vyššiu mieru kontroly a bezpečnosti.

Novšie meta-analýzy tieto zistenia potvrdzujú a ďalej rozširujú. (Carl et al. 2019) analyzovali 30 randomizovaných kontrolovaných štúdií a preukázali vyššiu účinnosť VRET v porovnaní s čakacími listinami ( $g = 0,90$ ) a psychologickým placebom ( $g = 0,78$ ). Navyše, VRET sa ukázala byť porovnateľne účinná ako tradičná expozičná terapia in-vivo ( $g = -0,07$ , t. j. bez štatisticky významného rozdielu).

(Schröder et al. 2023) uvádzajú ešte väčší účinok VRET oproti pasívnym kontrolám (Hedges'  $g = 1,29$ ), hoci efekt v porovnaní s aktívnymi intervenciami bol miernejší ( $g = 0,33$ ).

Časopis *Journal of Medical Internet Research* publikoval štúdiu (Baghaei et al. 2021), ktorá preukázala, že väčšina dostupných výskumov potvrdzuje účinnosť virtuálnej reality pri liečbe úzkosti a depresie. Prehľad zároveň identifikoval samostatné náhlavné súpravy ako vhodnejšie pre domáce použitie, čím podporuje ich integráciu do klinickej praxe a modelov vzdialenej starostlivosti – dôležitých najmä pre pacientov so srdcovým zlyhávaním, ktorí čelia obmedzeniam mobility.

## 1.2 Randomizované kontrolované štúdie

### 1.2.1 Intervencie zamerané na depresiu

(Paul et al. 2024) uskutočnili randomizovanú kontrolovanú štúdiu, ktorá porovnávala behaviorálnu aktiváciu (BA) v štandardnej forme a vo forme vylepšenej rozšírenou realitou (XR-BA) u dospelých s veľkou depresívnou poruchou (MDD) v prostredí ambulantnej telemedicíny ( $n = 26$ ). Obe skupiny absolvovali rovnaký počet sedení počas troch týždňov. Účastníci v XR-BA skupine používali VR headset (Meta Quest 2) na simuláciu príjemných a rozvojových aktivít (podporujúcich využitie vlastných schopností a pocit úspechu). Výsledky ukázali, že XR-BA sa vyrovnala tradičnej BA ( $t = -0,28$ ;  $p = .78$ ) a obe skupiny zaznamenali významné zníženie skóre depresie podľa PHQ-9 počas trvania intervencie ( $p = .04$ ). XR-BA navyše viedla k významnému zlepšeniu ešte pred začiatkom samotného programu, čo môže naznačovať vplyv očakávania alebo placebo efektu. Štúdia potvrdzuje, že XR-BA je uskutočniteľná, dobre tolerovaná a potenciálne efektívna intervencia, ktorú je možné zvážiť aj pre populácie s obmedzenou mobilitou, ako sú pacienti s chronickým srdcovým zlyhávaním.

12-týždňová trojramenná randomizovaná kontrolovaná štúdia (Zhang et al. 2025) skúmala účinnosť stacionárneho bicyklovania s využitím virtuálnej reality (VR) u dospelých so sedavým životným štýlom

a miernou až stredne ťažkou depresiou. Obe VR skupiny – s vysokou aj miernou intenzitou záťaže – preukázali významne väčšiu redukciu depresívnych symptómov podľa škály HAMD-17 v porovnaní s mierne intenzívnym bicyklovaním bez VR. Miera odpovede a remisie bola v oboch VR skupinách výrazne vyššia (84–92 % a 74 %) než v ne-VR skupine (58 % a 40 %). Tieto výsledky naznačujú, že integrácia VR do pohybových intervencií môže zlepšiť ich psychologický prínos, čo je obzvlášť relevantné pre kardiálne rehabilitačné programy, kde depresia a nízka adherencia často znižujú účinnosť liečby.

### 1.2.2 Zvládanie úzkosti a stresu

(Wong et al. 2023) publikovali meta-analýzu 15 randomizovaných kontrolovaných štúdií (n = 720), ktoré hodnotili účinnosť VR terapie (VRT) pri liečbe sociálnej úzkostnej poruchy (SAD). Výsledky ukázali výrazný efekt VRT v porovnaní s kontrolnými skupinami na čakacej listine pri zmiernení symptómov úzkosti spojených so sociálnymi interakciami a výkonmi ( $g = -1,17$ ). Naopak, medzi VRT a štandardnou kognitívno-behaviorálnou terapiou (CBT) neboli zistené štatisticky významné rozdiely, čo potvrdzuje, že VRT je realizovateľnou, účinnou a dobre tolerovanou alternatívou k CBT pri liečbe sociálnej úzkosti.

Systematický prehľad (Shahid et al. 2024) skúmajúci účinnosť a používateľskú skúsenosť súčasných VR intervencií u pacientov so SAD potvrdil, že VR expozičná terapia je vo všeobecnosti efektívnou, bezpečnou, použiteľnou a prijateľnou formou liečby pre dospelých. Z 18 zahrnutých štúdií vyplýva, že miera predčasného ukončenia liečby bola relatívne nízka (11,36 %), hoci používatelia uvádzali niektoré problémy, ako nevoľnosť, emocionálny stres počas expozičných sedení a ťažkosti s riadením liečby v skupinách, ktoré prebiehajú súčasne online. Prehľad zároveň identifikoval nedostatok výskumu VR terapií u detí a adolescentov so SAD a absenciu štandardizovaných nástrojov na hodnotenie používateľskej skúsenosti, čo predstavuje kľúčové oblasti pre budúce štúdie.

## 1.3 Dôkazy špecifické pre kardiálnu populáciu

CORE štúdia (Jung et al. 2023) zahŕňala 73 pacientov s CHF, ktorí boli rozdelení do dvoch skupín: Nature-VR (n=37) a Urban-VR (n=36). Intervencia spočívala v každodennom 10-minútovom sledovaní 3D prírodných alebo mestských scenérií cez VR headset počas 4 týždňov. Sledované ukazovatele boli pozornosť (testy Oral Trail Making A a Digit Span Forward), samo-riadenie CHF (Self-care of Heart Failure Index) a kvalita života súvisiaca so zdravím (Minnesota Living with Heart Failure Questionnaire). Výsledky ukázali, že neboli zaznamenané významné rozdiely v zmenách pozornosti, samo-riadenia CHF ani kvality života medzi skupinami v priebehu času. Avšak v oboch skupinách došlo k významnému zlepšeniu samo-riadenia CHF vrátane vnímania symptómov (s lepším výsledkom u Nature-VR) a k zlepšeniu kvality života. Štúdia odporúča ďalší výskum multimodálnych intervencií zahŕňajúcich Nature-VR na podporu samo-riadenia CHF a kvality života.

Autori návrhu štúdie (Micheluzzi et al. 2024) plánujú hodnotiť účinnosť využitia VR v kardiologickej rehabilitácii u 80 pacientov so srdcovým zlyhávaním. Primárnym sledovaným ukazovateľom bude adherencia pacientov k rehabilitačnému programu. Sekundárne ukazovatele zahŕňajú funkčnú kapacitu, vnímanú námahu, angínu, kvalitu života, srdcovú frekvenciu, saturáciu kyslíka, krvný tlak, maximálny príjem kyslíka ( $VO_2$  max), ventiláciu/minútovú produkciu  $CO_2$ , kyslíkový puls, hladiny NT-proBNP a mieru rehospitalizácie súvisiacej so srdcovým zlyhávaním. Pacienti budú rozdelení do dvoch skupín:

experimentálna skupina absolvuje kardiologickú rehabilitáciu s využitím imerzívnej VR technológie pozostávajúcej z headsetu PICO 4 a softvéru TREADMILL XR. Počas 30-minútových cvičení na bežiacom páse (2-krát týždenne, počas 4 týždňov), budú účastníci vystavení vizuálnemu a zvukovému prostrediu prírody vo vysokom rozlíšení, ktoré poskytuje pohlcujúci zážitok a zároveň pomáha odvádzať pozornosť od fyzickej záťaže. Kontrolná skupina podstúpi štandardnú kardiologickú rehabilitáciu bez využitia VR technológie. Očakáva sa, že VR intervencia prispeje k výraznému zlepšeniu adherencie a ďalších klinických výsledkov, čím by mohla predstavovať bezpečnú a efektívnu digitálnu zdravotnú intervenciu pre pacientov so srdcovým zlyhávaním.

Meta-analýza 955 pacientov s kardiovaskulárnymi ochoreniami naprieč 13 štúdiami preukázala, že VR kardiálna rehabilitácia významne znížila úzkosť (SMD=-0,28, 95% CI [-0,51 až -0,05], P=0,020) a symptómy depresie (SMD=-0,28, 95% CI [-0,53 až -0,02], P=0,030) v porovnaní so štandardnou kardiálnou rehabilitáciou (Wang et al. 2025).

Dôležité je, že výskum (Wrzeciono et al. 2024) s 50 kardiovaskulárnymi pacientmi neukázal významné vekovo súvisiace rozdiely v účinnosti VR terapie pre zníženie depresie a úzkosti, vyvracajúc predpoklady o technologických bariérach starších dospelých.

## **1.4 Bezpečnosť a kontraindikácie v kardiálnych populáciách**

V niektorých štúdiách (Jóźwik et al., 2021) pacienti vyjadrili obavy, že pokročilé technológie, ako je imerzívna virtuálna realita (VR), by mohli interferovať s funkciou kardiostimulátora alebo zhoršiť existujúce zrakové ťažkosti, najmä pri prítomnosti katarakty alebo glaukómu. Výskumy však naznačujú, že neexistuje žiadna klinicky významná elektromagnetická interferencia medzi bežnou spotrebnou elektronikou – vrátane VR headsetov – a implantovanými kardiovaskulárnymi zariadeniami, ako sú kardiostimulátory alebo automatické implantovateľné defibrilátory (Nadeem et al., 2022). Navyše, pri krátkodobom používaní VR neexistujú dôkazy, ktoré by potvrdzovali jej negatívny vplyv na existujúce očné ochorenia. Aj napriek tomu je odporúčané individuálne posúdenie rizika a informovanie pacienta o bezpečnostných aspektoch súvisiacich s použitím VR technológií.

Nevôľnosť postihuje 22-78% VR používateľov v rôznej miere, so symptómami vrátane nevoľnosti, bolesti hlavy, závratu a namáhania očí (Kim et al. 2021).

V rámci identifikovaných štúdií boli jednotlivé VR sedenia limitované na maximálne 30 minút, čo významne znižuje pravdepodobnosť výskytu nevoľnosti, ako aj riziko prechodného zhoršenia zrakových funkcií či iných nežiaducich účinkov spojených s imerzným zážitkom.

Pre kardiálnu populáciu sú špecifickou kontraindikáciou závažné kardiovaskulárne stavy, pri ktorých môže fyzická alebo psychická záťaž spojená s VR terapiou zvýšiť riziko komplikácií. Okrem toho platia všeobecné kontraindikácie používania VR, ktoré sa vzťahujú aj na pacientov so srdcovými ochoreniami, medzi ktoré patrí epilepsia, aktívna psychóza a tehotenstvo.

## 1.5 Komerčné riešenia a analýza platforiem

**RelieVRx**<sup>1</sup> ponúka virtuálnu realitu ako terapeutický program špeciálne zameraný na chronickú bolesť dolnej časti chrbta. Platforma poskytuje osemtyždňový liečebný program, ktorý môžu pacienti absolvovať priamo doma, pričom zostáva zabezpečený lekársky dohľad. VR prostredia v RelieVRx zahŕňajú napríklad virtuálne prechádzky v prírode, relaxačné scény a interaktívne cvičenia, ktoré pomáhajú pacientom zlepšiť pohyblivosť a znižovať vnímanie bolesti. Tieto imerzívne zážitky vedú k efektívnejšiemu zvládaniu bolesti a podporujú aktívny prístup k liečbe. RelieVRx získala v roku 2021 schválenie FDA De Novo a v roku 2023 významný míľnik v podobe zaradenia do kategórie trvalo použiteľného zdravotníckeho zariadenia s nárokom na úhradu od Medicare. Klinické štúdie preukázali výrazné zmiernenie bolesti (Maddox et al. 2023), ktoré pretrváva až 24 mesiacov po liečbe, pričom liečbu absolvovalo viac než 60 000 pacientov.

**XRHealth**<sup>2</sup> poskytuje flexibilnú VR terapeutickú platformu, ktorá slúži ako priamo pacientom, tak aj zdravotníckym zariadeniam. Ponúka liečbu v rôznych oblastiach, ako je fyzioterapia, duševné zdravie, kognitívny tréning či wellness programy pre firmy. VR prostredia XRHealth zahŕňajú simulácie rehabilitačných cvičení, relaxačné prírodné scenérie, terapeutické hry, sociálne interakcie a kognitívne výzvy. Pacienti môžu napríklad vykonávať cvičenia na mieru, trénovať mozgové funkcie, či zvládať stres v kontrolovaných virtuálnych situáciách. Platforma umožňuje monitorovanie progresu a prispôsobenie liečby v reálnom čase. XRHealth má registrovaných viac ako osem VR medicínskych aplikácií u FDA, disponuje CE označením a ISO certifikátmi, vďaka čomu pôsobí globálne. Dosahuje vysokú mieru dodržiavania liečby pacientmi (91,2 %) a doteraz poskytla viac než 600 000 VR liečebných sedení.

**Oxford VR gameChange** je automatizovaný VR terapeutický systém zameraný na vážne duševné ochorenia, ako psychózu a ťažkú agorafóbiu. Používa CBT aplikovanú cez VR, pričom VR prostredia simulujú sociálne situácie, konverzácie a reálne výzvy, ktorým pacienti čelia. Pacienti sa tak môžu bezpečne trénovať v spoločenských interakciách a čeliť úzkosti. Platforma umožňuje terapeutom automatizovať časť liečby a znižuje potrebu špecializovaných odborníkov, čím umožňuje širšie nasadenie. Oxford VR získal označenie FDA Breakthrough Device a odporúčanie NICE v UK. Klinická štúdia (Freeman et al. 2022) s 346 pacientmi preukázala významné zlepšenia symptómov. Terapia bola odporúčaná v NHS a platforma udržiavala úzke vzťahy s akademickými inštitúciami, napríklad Univerzitou v Oxforde. Po sérii akvizícií sa Oxford VR gameChange stal súčasťou XRHealth, čím rozšíril jeho portfólio o vysoko validované riešenia pre závažné duševné poruchy.

**Psious**, ktorý sa neskôr zlúčil s Amelia Virtual Care, vyvinul profesionálnu teleterapeutickú SaaS platformu, ktorá umožňuje psychoterapeutom vzdialený prístup k viac než 140 virtuálnym terapeutickým prostrediam. Tieto prostredia simulujú rôzne situácie, ako výšky, uzavreté priestory, verejné prejavy, sociálne interakcie a relaxačné prírodné scenérie. Pacienti sú vystavení kontrolovaným stresovým podnetom, ktoré terapeut na diaľku nastavuje podľa ich potrieb a tolerancie. Takto môžu bezpečne trénovať zvládanie fobií, úzkosti a stresu v realistickom, no kontrolovanom virtuálnom priestore. Pred zlúčením so spoločnosťou Amelia Virtual Care, Psious podporoval viac než 2 000 terapeutov v 50 krajinách a jeho model predplatného prinášal stabilné príjmy a vysokú angažovanosť.

---

<sup>1</sup> <https://www.relievrx.com/>

<sup>2</sup> <https://www.xr.health/>

Následne sa Amelia Virtual Care spojila so spoločnosťou XRHealth – a tieto platformy boli integrované pod jednotnou značkou XRHealth, čím vznikol najväčší poskytovateľ XR terapie na trhu.

## 1.6 Nákladová efektívnosť a implementačná ekonomika

Štúdia (Pot-Kolder et al. 2020) hodnotila ekonomickú efektívnosť VR-CBT u pacientov s paranoidnými bludmi. Výsledky ukázali, že priemerné prírastkové náklady na jedného pacienta, ktorý pozitívne reagoval na liečbu v oblasti sociálnej participácie, sa pohybovali v rozmedzí od 8079 € do 19 525 €, pričom zlepšenie bolo zaznamenané u 90,74 % až 99,74 % pacientov. Priemerné náklady na jeden získaný QALY (rok života upravený o kvalitu) boli 48 868 € počas 6-mesačného sledovania, pričom zlepšenie kvality života sa prejavilo u 99,98 % pacientov. Po zohľadnení rozdielov medzi pacientmi na začiatku liečby náklady klesli – na jedného úspešne liečeného pacienta to bolo 6800 € až 16 597 €, pričom náklady na jeden QALY sa znížili na 42 030 €. Záverom štúdia naznačuje, že využitie VR-CBT u pacientov s paranoidnými bludmi predstavuje ekonomicky výhodný a efektívny spôsob zlepšenia ich zdravotného stavu. Potrebný je však ďalší výskum na posúdenie dlhodobých účinkov.

Výskumy naznačujú, že cieľená liečba úzkosti a depresie u pacientov s kardiovaskulárnymi ochoreniami môže výrazne znížiť frekvenciu rehospitalizácií, návštev urgentného príjmu a dokonca aj celkovú mortalitu (Carmin et al. 2024). Pacienti, ktorí podstúpili psychoterapiu alebo užívali antidepresíva po hospitalizácii pre srdcové zlyhávanie alebo ischemické ochorenia, mali až o 75 % nižšie riziko opätovnej hospitalizácie, o 74 % nižšiu pravdepodobnosť návštevy pohotovosti a o 66 % nižšie riziko úmrtia v porovnaní s tými, ktorí takúto liečbu neabsolvovali. V tomto kontexte je možné predpokladať, že implementácia VR ako formy psychoterapie by mohla priniesť podobné prínosy, najmä ak je dostupná a efektívna už počas hospitalizácie. VR terapia môže poskytnúť imerzívny zážitok, ktorý znižuje stres, úzkosť a depresívne symptómy, čím môže pozitívne ovplyvniť priebeh ochorenia aj adherence k liečbe.

V rámci štúdie (Delshad et al. 2018) bola VR terapia v nemocničnom prostredí hodnotená ako potenciálne nákladovo úsporná, predovšetkým ak sa preukáže jej schopnosť skrátiť dĺžku hospitalizácie. Modelová analýza ukázala, že ak VR aplikácia zníži dĺžku hospitalizácie aspoň o 14,6 %, stáva sa pre nemocničný systém nákladovo efektívna. Priemerná úspora na pacienta sa pohybovala okolo \$5.39, pričom v 89,2 % prípadov bola VR terapia v simulovaných nemocniciach nákladovo výhodná. Samotné zníženie spotreby opioidov alebo zvýšenie spokojnosti pacientov (napr. HCAHPS skóre) však neboli dostatočné faktory na vyrovnanie nákladov na implementáciu technológie bez súčasného skrátenia dĺžky hospitalizácie. Z týchto údajov vyplýva, že VR terapia pre pacientov so srdcovým zlyhávaním a súbežnými psychickými ťažkosťami môže byť nielen klinicky prínosná, ale aj ekonomicky udržateľná, ak sa správne zameria na optimalizáciu hospitalizačných parametrov.

## 1.7 Zhrnutie VR terapeutických prístupov a klinických aplikácií

### VR expozičná terapia

VR expozičná terapia (VRET) využíva kontrolovanú a postupnú expozíciu obávaným podnetom vo virtuálnom prostredí, čím simuluje princípy klasického podmieňovania a habituácie.

Jej efektívnosť je podložená robustnými dôkazmi, meta-analýzy (Powers a Emmelkamp 2008; Carl et al. 2019) preukazujú veľký účinok v porovnaní s pasívnymi aj aktívnymi kontrolnými podmienkami. Účinnosť VRET je porovnateľná s in-vivo expozičnou terapiou a úspešnosť dosahuje 66–90 % pri fóbiách a PTSD. Výhody zahŕňajú zníženie mieru predčasného ukončenia liečby, vyššiu bezpečnosť a pretrvávajúce benefity aj po 3 a viac mesiacoch. VRET je efektívna najmä pri špecifických fóbiách, SAD, agorafóbií a panickej poruche. Navyše, umožňuje liečbu na diaľku, čo je zvlášť významné pre pacientov s obmedzenou mobilitou.

### **VR relaxácia a tréning všímvosti**

Virtuálna relaxácia a tréning všímvosti (Ma et al., 2023) využívajú imerzívne, upokojujúce prostredia na aktiváciu parasympatického nervového systému a zníženie stresovej záťaže. VR prostredia môžu byť cielene navrhnuté tak, aby podporovali vnútorný pokoj, sústredenie a vedomé vnímanie prítomného okamihu – napríklad prostredníctvom scén s pokojným lesom, plážou alebo horským útočiskom.

Táto forma intervencie preukázateľne znižuje symptómy úzkosti, depresie a zlepšuje kvalitu spánku. Štúdie naznačujú, že VR je v tomto kontexte efektívnejšia než tradičné formy tréningu všímvosti, a zároveň vedie k dlhodobejším účinkom pri vyššej miere zapojenia používateľov. Osvedčila sa pri zvládaní stresu, predoperačnej úzkosti a aj chronickej bolesti.

### **VR behaviorálna aktivácia (XR-BA)**

Behaviorálna aktivácia je terapeutický prístup založený na princípe, že zmena správania vedie k zlepšeniu nálady. Vychádza z predpokladu, že depresia je udržiavaná cyklom vyhýbania sa aktivitám a stratou pozitívneho posilnenia. V kontexte VR (napr. Paul et al. 2024) sa BA realizuje prostredníctvom imerzívnych zážitkov, ktoré simulujú príjemné a zmysluplné situácie - virtuálne prechádzky prírodou, relaxačné prostredia či nácvik sociálnych interakcií. VR umožňuje pacientom bezpečne sa zapojiť do aktivít, ktorým sa v reálnom živote vyhýbajú, čím prekonávajú bariéry izolácie a pasivity typické pre depresiu. Imerzívne prostredie znižuje anticipačnú úzkosť, zvyšuje motiváciu k aktivite a poskytuje okamžitú spätnú väzbu, čo urýchľuje terapeutický proces oproti tradičnej BA.

XR-BA bola preukázaná ako dobre tolerovaná a účinná aj v telemedicínskych podmienkach a je najmä prínosná pre pacientov s obmedzenou mobilitou, vrátane tých so srdcovým zlyhávaním. Štúdie naznačujú, že VR verzia behaviorálnej aktivácie dosahuje podobnú účinnosť ako štandardná forma BA, pričom umožňuje flexibilnú realizáciu v domácom prostredí.

### **VR kognitívno-behaviorálna terapia (VR-CBT)**

VR-CBT je zastrešujúci pojem, ktorý označuje širokú škálu kognitívnych a behaviorálnych intervencií aplikovaných vo virtuálnom prostredí – vrátane VR expozičnej terapie, relaxačných techník, mindfulness prístupov a behaviorálnych experimentov.

Randomizované štúdie a metaanalýzy (napr. Wong et al. 2023) ukazujú, že VR-CBT dosahuje porovnateľné výsledky ako štandardná CBT, s výhodami v dostupnosti, škálovateľnosti a atraktivite pre používateľa. Liečebné protokoly kombinujú 8–16 sedení a aplikujú sa pri depresiách, sociálnej úzkosti a psychotických poruchách (napr. gameChange pre agorafóbiu a psychózu). Ekonomické analýzy potvrdzujú jej nákladovú efektívnosť aj pri náročných diagnózach.

## **Integrácia biofeedbacku a zvládanie stresu**

VR biofeedback (Weibel et al. 2023) kombinuje vizualizáciu fyziologických parametrov, najmä variability srdcovej frekvencie (HRV), s virtuálnym prostredím, čo podporuje efektívnejšie zvládanie stresu a zlepšenie kardiálnej koherencie.

VR biofeedback viedol k výraznejšiemu zvýšeniu nízkofrekvenčnej energie HRV a kardiálnej koherencie. Z pohľadu používateľa sa navyše preukázala vyššia úroveň pohltenia a lepší zážitok z rozhrania v porovnaní s desktopovou obrazovkou, čo môže podporiť motiváciu a efektívnosť intervencie.

## **Perspektíva pre pacientov so srdcovým zlyhávaním**

Najnovšie dôkazy (napr. Jung et al., 2023; Wang et al., 2025; Micheluzzi et al., 2024) ukazujú, že VR môže zlepšiť psychický stav, adhérenciu k rehabilitácii a potenciálne aj klinické výsledky u pacientov s chronickým srdcovým zlyhávaním. VR intervencie prispievajú k redukcii úzkosti a depresie, zlepšeniu sebariadenia a kvality života, pričom sú dobre tolerované naprieč vekovými skupinami.

Kombinácia VR so stacionárnym bicyklovaním, behaviorálnou aktiváciou alebo relaxačnými scenármi sa ukazuje ako sľubná stratégia pre kardiálnu rehabilitáciu, najmä ak sú technológie jednoducho použiteľné doma alebo v ambulancii.

# **1.8 Odporúčania pre implementáciu**

## **Klinická integrácia a terapeutické protokoly**

- Zamerať sa na úzkosť a depresiu, ktoré sú u pacientov so srdcovým zlyhávaním vysoko prevalentné a významne ovplyvňujú adhérenciu k liečbe, rehospitalizácie a mortalitu.
- Využívať VR expozičnú terapiu (VRET), ktorá preukázateľne zmierňuje úzkostné poruchy a je porovnateľne účinná ako tradičné in-vivo terapie.
- VR-behaviorálna aktivácia (XR-BA) je realizovateľná a vhodná forma liečby depresie, najmä v domácom alebo ambulantnom prostredí, pričom podporuje emocionálnu aktiváciu pacientov s obmedzenou mobilitou.

## **Personalizácia a technická infraštruktúra**

- Uprednostniť samostatné headsety (napr. Meta Quest, PICO 4) pre ich prenosnosť, jednoduchosť použitia a možnosť nasadenia v domácej starostlivosti. Pri interaktívnych scénach preferovať menej realistické, a teda menej výpočtovo náročné vizuály, ktoré sú vhodnejšie pre dané zariadenia, pričom analýzy ukazujú, že takéto vizuály sú postačujúce na dosiahnutie požadovaných terapeutických efektov.
- Zabezpečiť používateľsky prívetivé rozhranie a výber medzi relaxačnými, expozičnými a aktivačnými modulmi podľa psychického stavu a fyzickej kapacity pacienta.
- Biofeedback integrácia (napr. HRV monitorovanie) by mala byť zvažovaná ako doplnok pre pacientov citlivých na stres – podporuje sebavedomie pri regulácii emócií a umožňuje objektívne sledovanie pokroku.

## Využitie v rámci kardiálnej rehabilitácie

- Implementovať VR počas fyzickej aktivity (napr. stacionárne bicyklovanie), kde sa VR preukázalo ako účinné pri znižovaní depresívnych symptómov a zvyšovaní adherencie k cvičeniu.
- V ambulantnom nastavení odporúčať prírodné VR scenérie (Nature-VR), ktoré zlepšujú vnímanie symptómov a kvalitu života u pacientov so srdcovým zlyhávaním.

## Bezpečnostné kritériá a monitoring

- Vylúčiť pacientov s aktívnou psychózou, epilepsiou alebo veľmi závažnými kardiovaskulárnymi ochoreniami.
- Zohľadniť zrakové obmedzenia (napr. katarakta, glaukóm) a individuálne posúdiť použitie VR na základe anamnézy.
- Obmedziť trvanie VR sedení na max. 30 minút kvôli riziku nevoľnosti, najmä u starších pacientov alebo počas hospitalizácie.
- Implementovať automatické upozornenia na prekročenie fyziologických limitov.
- Softvér by mal mať funkciu okamžitého ukončenia terapie.
- Podpora záznamu a exportu dát pre lekárske vyhodnotenie.

## 1.9 Záver

Virtuálna realita predstavuje prelomovú technológiu v starostlivosti o pacientov so srdcovým zlyhávaním, ktorá adresuje kriticky dôležitú, no často prehliadanú oblasť duševného zdravia. Robustné vedecké dôkazy jednoznačne potvrdzujú, že VR terapia dokáže významne znížiť úzkosť a depresiu u tejto populácie, pričom dosahuje výsledky porovnateľné s tradičnými psychoterapeutickými prístupmi. Osobitne povzbudivé sú zistenia o vysokej miere akceptácie VR technológií naprieč všetkými vekovými skupinami, vrátane starších pacientov, čo vyvracia obavy z technologických bariér.

VR aplikácie pre pacientov so srdcovým zlyhávaním by mali poskytovať komplexný súbor funkcionalít zahŕňajúci imerzívne relaxačné prostredia s prírodnou scenériou na zníženie stresu a úzkosti, interaktívne moduly behaviorálnej aktivácie simulujúce príjemné aktivity, štruktúrovanú expozičnú terapiu pre zvládanie špecifických fóbii a sociálnej úzkosti, integrovaný biofeedback s vizualizáciou variability srdcovej frekvencie, personalizované cvičebné programy s virtuálnym trénerom počas rehabilitácie, edukačné moduly o sebariadení ochorenia vo forme interaktívnych hier, denník symptómov s možnosťou vizualizácie trendov, virtuálne podporné skupiny pre spojenie s inými pacientmi, vedené meditácie a dýchacie cvičenia prispôbené kardiálnym pacientom, a priame prepojenie s ošetrovateľským tímom pre okamžitú podporu. Všetky tieto funkcie by mali byť dostupné v jednoduchom, intuitívnom rozhraní prispôbenom potrebám starších používateľov s možnosťou automatického prispôsobenia intenzity a dĺžky sedení podľa aktuálneho stavu pacienta.

Implementácia VR terapie v slovenskom zdravotníckom systéme môže priniesť nielen zlepšenie kvality života pacientov, ale aj ekonomické benefity prostredníctvom zníženia rehospitalizácií a optimalizácie využitia zdravotníckych zdrojov. Kľúčom k úspechu bude vytvorenie komplexného implementačného rámca, ktorý integruje VR do existujúcich modelov starostlivosti, zabezpečí adekvátne vzdelanie personálu a umožní flexibilné využitie technológie v nemocničnom aj domácom prostredí. Pri správnej

implementácii má VR potenciál transformovať spôsob, akým pristupujeme k holistickej starostlivosti o pacientov so srdcovým zlyhávaním, a stať sa neoddeliteľnou súčasťou modernej kardiologickej praxe.

## 1.10 Zoznam literatúry

BAGHAEI, Nilufar, Vibhav CHITALE, Andrej HLASNIK, Lehan STEMMET, Hai-Ning LIANG a Richard PORTER, 2021. Virtual Reality for Supporting the Treatment of Depression and Anxiety: Scoping Review. *JMIR Mental Health* [online]. 2021, roč. 8, č. 9, s. e29681. ISSN 2368-7959. Dostupné na: doi:[10.2196/29681](https://doi.org/10.2196/29681)

BELL, Imogen H., Jennifer NICHOLAS, Mario ALVAREZ-JIMENEZ, Andrew THOMPSON a Lucia VALMAGGIA, 2020. Virtual reality as a clinical tool in mental health research and practice. *Dialogues in Clinical Neuroscience* [online]. 2020, roč. 22, č. 2, s. 169–177. ISSN 1294-8322. Dostupné na: doi:[10.31887/DCNS.2020.22.2/lvalmaggia](https://doi.org/10.31887/DCNS.2020.22.2/lvalmaggia)

CARL, Emily, Aliza T. STEIN, Andrew LEVIHN-COON, Jamie R. POGUE, Barbara ROTHBAUM, Paul EMMELKAMP, Gordon J. G. ASMUNDSON, Per CARLBRING a Mark B. POWERS, 2019. Virtual reality exposure therapy for anxiety and related disorders: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Anxiety Disorders* [online]. 2019, roč. 61, s. 27–36. ISSN 1873-7897. Dostupné na: doi:[10.1016/j.janxdis.2018.08.003](https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2018.08.003)

CARMIN, Cheryl N., Raymond L. OWNBY, Cynthia FONTANELLA, Danielle STEELESMTITH a Philip F. BINKLEY, 2024. Impact of Mental Health Treatment on Outcomes in Patients With Heart Failure and Ischemic Heart Disease. *Journal of the American Heart Association* [online]. 2024, roč. 13, č. 7, s. e031117. Dostupné na: doi:[10.1161/JAHA.123.031117](https://doi.org/10.1161/JAHA.123.031117)

DELSHAD, Sean D., Christopher V. ALMARIO, Garth FULLER, Duong LUONG a Brennan M. R. SPIEGEL, 2018. Economic analysis of implementing virtual reality therapy for pain among hospitalized patients. *npj Digital Medicine* [online]. 2018, roč. 1, č. 1, s. 22. ISSN 2398-6352. Dostupné na: doi:[10.1038/s41746-018-0026-4](https://doi.org/10.1038/s41746-018-0026-4)

FREEMAN, Daniel, Sinéad LAMBE, Thomas KABIR, Ariane PETIT, Laina ROSEBROCK, Ly-Mee YU, Robert DUDLEY, Kate CHAPMAN, Anthony MORRISON, Eileen O'REGAN, Charlotte AYNWORTH, Julia JONES, Elizabeth MURPHY, Rosie POWLING, Ushma GALAL, Jenna GRABEY, Aitor ROVIRA, Jennifer MARTIN, Chris HOLLIS, David M. CLARK, Felicity WAITE, James ALTUNKAYA, Humma ANDLEEB, Aislinn BERGIN, Emily BOLD, Jessica BOND, Kate BRANSBY-ADAMS, Susan BROWN, Cindy CHAN, Nisha CHAUHAN, Michael CRAVEN, Jason FREEMAN, John GEDDES, Andrew GOODSELL, Lucy JENNER, Alex KENNY, José LEAL, Joanna MITCHELL, Heather PEEL, Maryam PERVEZ, Eloise PROUTEN, Eva ROBERTS, Dan ROBOTHAM, Harry WALKER a Jonathan WEST, 2022. Automated virtual reality therapy to treat agoraphobic avoidance and distress in patients with psychosis (gameChange): a multicentre, parallel-group, single-blind, randomised, controlled trial in England with mediation and moderation analyses. *The Lancet Psychiatry* [online]. 2022, roč. 9, č. 5, s. 375–388. ISSN 2215-0366, 2215-0374. Dostupné na: doi:[10.1016/S2215-0366\(22\)00060-8](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(22)00060-8)

GOH, Fang Qin, William K. F. KONG, Raymond C. C. WONG, Yao Feng CHONG, Nicholas W. S. CHEW, Tiong-Cheng YEO, Vijay Kumar SHARMA, Kian Keong POH a Ching-Hui SIA, 2022.

Cognitive Impairment in Heart Failure-A Review. *Biology* [online]. 2022, roč. 11, č. 2, s. 179. ISSN 2079-7737. Dostupné na: doi:[10.3390/biology11020179](https://doi.org/10.3390/biology11020179)

HORIGOME, Toshiro, Shunya KUOKAWA, Kyosuke SAWADA, Shun KUDO, Kiko SHIGA, Masaru MIMURA a Taishiro KISHIMOTO, 2020. Virtual reality exposure therapy for social anxiety disorder: a systematic review and meta-analysis. *Psychological Medicine* [online]. 2020, roč. 50, č. 15, s. 2487–2497. ISSN 1469-8978. Dostupné na: doi:[10.1017/S0033291720003785](https://doi.org/10.1017/S0033291720003785)

JÓŹWIK, Sandra, Błażej CIEŚLIK, Robert GAJDA a Joanna SZCZEPAŃSKA-GIERACHA, 2021. Evaluation of the Impact of Virtual Reality-Enhanced Cardiac Rehabilitation on Depressive and Anxiety Symptoms in Patients with Coronary Artery Disease: A Randomised Controlled Trial. *Journal of Clinical Medicine* [online]. 2021, roč. 10, č. 10, s. 2148. ISSN 2077-0383. Dostupné na: doi:[10.3390/jcm10102148](https://doi.org/10.3390/jcm10102148)

JUNG, Miyeon, Liana G. APOSTOLOVA, Debra K. MOSER, Irmina GRADUS-PIZLO, Sujuan GAO, Jeff L. ROGERS a Susan J. PRESSLER, 2022. Virtual reality cognitive intervention for heart failure: CORE study protocol. *Alzheimer's & Dementia : Translational Research & Clinical Interventions* [online]. 2022, roč. 8, č. 1, s. e12230. ISSN 2352-8737. Dostupné na: doi:[10.1002/trc2.12230](https://doi.org/10.1002/trc2.12230)

JUNG, Miyeon, Liana APOSTOLOVA, Debra K MOSER, Irmina GRADUS-PIZLO, Sujuan GAO, Suzanne WANG, Elham ALGASHGARI, Asa SMITH, Jeff ROGERS, Susan OFNER a Susan J PRESSLER, 2023. Abstract 13139: Preliminary Efficacy of a Cognitive Restorative Nature Intervention to Improve Attention, Self-Care, and Health-Related Quality of Life in Heart Failure. *Circulation* [online]. 2023, roč. 148, č. Suppl\_1, s. A13139–A13139. Dostupné na: doi:[10.1161/circ.148.suppl\\_1.13139](https://doi.org/10.1161/circ.148.suppl_1.13139)

KIM, Hyewon, Dong Jun KIM, Won Ho CHUNG, Kyung-Ah PARK, James D. K. KIM, Dowan KIM, Kiwon KIM a Hong Jin JEON, 2021. Clinical predictors of cybersickness in virtual reality (VR) among highly stressed people. *Scientific Reports* [online]. 2021, roč. 11, č. 1, s. 12139. ISSN 2045-2322. Dostupné na: doi:[10.1038/s41598-021-91573-w](https://doi.org/10.1038/s41598-021-91573-w)

MA, Jingni, Dongrong ZHAO, Naihong XU a Jinmei YANG, 2023. The effectiveness of immersive virtual reality (VR) based mindfulness training on improvement mental-health in adults: A narrative systematic review. *EXPLORE* [online]. 2023, roč. 19, č. 3, s. 310–318. ISSN 1550-8307. Dostupné na: doi:[10.1016/j.explore.2022.08.001](https://doi.org/10.1016/j.explore.2022.08.001)

MADDOX, Todd, Liesl OLDSTONE, Charisse Y. SPARKS, Josh SACKMAN, Alexis OYAO, Laura GARCIA, Roselani U. MADDOX, Kelsey FFRENCH, Heidy GARCIA, Takisha ADAIR, Ann IRVIN, David MAISLIN, Brendan KEENAN, Robert BONAKDAR a Beth D. DARNALL, 2023. In-Home Virtual Reality Program for Chronic Lower Back Pain: A Randomized Sham-Controlled Effectiveness Trial in a Clinically Severe and Diverse Sample. *Mayo Clinic Proceedings: Digital Health* [online]. 2023, roč. 1, č. 4, s. 563–573. ISSN 2949-7612. Dostupné na: doi:[10.1016/j.mcpdig.2023.09.003](https://doi.org/10.1016/j.mcpdig.2023.09.003)

MAPLES-KELLER, Jessica L., Brian E. BUNNELL, Sae-Jin KIM a Barbara O. ROTHBAUM, 2017. The use of virtual reality technology in the treatment of anxiety and other psychiatric disorders. *Harvard review of psychiatry* [online]. 2017, roč. 25, č. 3, s. 103–113. ISSN 1067-3229. Dostupné na: doi:[10.1097/HRP.0000000000000138](https://doi.org/10.1097/HRP.0000000000000138)

MICHELUZZI, Valentina, Gavino CASU, Giuseppe Damiano SANNA, Antonella CANU, Paolo IOVINO, Gabriele CAGGIANELLI a Ercole VELLONE, 2024. Improving adherence to rehabilitation for heart failure patients through immersive virtual reality (VIRTUAL-HF): A protocol for a randomized controlled trial. *Contemporary Clinical Trials* [online]. 2024, roč. 138, s. 107463. ISSN 1551-7144. Dostupné na: doi:[10.1016/j.cct.2024.107463](https://doi.org/10.1016/j.cct.2024.107463)

NADEEM, Fahd, Cao Thach TRAN, Estelle TORBEY, Daniel PHILBIN, Carlos MORALES a Michael WU, 2022. Interference by Modern Smartphones and Accessories with Cardiac Pacemakers and Defibrillators. *Current Cardiology Reports* [online]. 2022, roč. 24, č. 4, s. 347–353. ISSN 1534-3170. Dostupné na: doi:[10.1007/s11886-022-01653-0](https://doi.org/10.1007/s11886-022-01653-0)

PAUL, Margot, Kim BULLOCK, Jeremy BAIENSON a David BURNS, 2024. Examining the Efficacy of Extended Reality–Enhanced Behavioral Activation for Adults With Major Depressive Disorder: Randomized Controlled Trial. *JMIR Mental Health* [online]. 2024, roč. 11, č. 1, s. e52326. Dostupné na: doi:[10.2196/52326](https://doi.org/10.2196/52326)

POT-KOLDER, Roos, Wim VELING, Chris GERAETS, Joran LOKKERBOL, Filip SMIT, Alyssa JONGENEEL, Helga ISING a Mark van der GAAG, 2020. Cost-Effectiveness of Virtual Reality Cognitive Behavioral Therapy for Psychosis: Health-Economic Evaluation Within a Randomized Controlled Trial. *Journal of Medical Internet Research* [online]. 2020, roč. 22, č. 5, s. e17098. Dostupné na: doi:[10.2196/17098](https://doi.org/10.2196/17098)

POWERS, Mark B. a Paul M. G. EMMELKAMP, 2008. Virtual reality exposure therapy for anxiety disorders: A meta-analysis. *Journal of Anxiety Disorders* [online]. 2008, roč. 22, č. 3, s. 561–569. ISSN 0887-6185. Dostupné na: doi:[10.1016/j.janxdis.2007.04.006](https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2007.04.006)

SHAHID, Simon, Joshua KELSON a Anthony SALIBA, 2024. Effectiveness and User Experience of Virtual Reality for Social Anxiety Disorder: Systematic Review. *JMIR mental health* [online]. 2024, roč. 11, s. e48916. ISSN 2368-7959. Dostupné na: doi:[10.2196/48916](https://doi.org/10.2196/48916)

SCHRÖDER, Dominik, Kamil J. WRONA, Frank MÜLLER, Stephanie HEINEMANN, Florian FISCHER a Christoph DOCKWEILER, 2023. Impact of virtual reality applications in the treatment of anxiety disorders: A systematic review and meta-analysis of randomized-controlled trials. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry* [online]. 2023, roč. 81, s. 101893. ISSN 0005-7916. Dostupné na: doi:[10.1016/j.jbtep.2023.101893](https://doi.org/10.1016/j.jbtep.2023.101893)

WANG, Saikun, Junjie JIANG, Changyue ZHANG, Mengjiao LV, Haiyan XU, Hongli MENG a Lirong GUO, 2025. Effect of Virtual Reality-Based Cardiac Rehabilitation on Mental Health and Cardiopulmonary Function of Individuals With Cardiovascular Disease: A Systematic Review and Meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* [online]. 2025, roč. 106, č. 6, s. 949–960. ISSN 0003-9993. Dostupné na: doi:[10.1016/j.apmr.2024.11.005](https://doi.org/10.1016/j.apmr.2024.11.005)

WEIBEL, Raphael P., Jasmine I. KERR, Mara NAEGELIN, Andrea FERRARIO, Victor R. SCHINAZI, Roberto LA MARCA, Christoph HOELSCHER, Urs M. NATER a Florian VON WANGENHEIM, 2023. Virtual reality-supported biofeedback for stress management: Beneficial effects on heart rate variability and user experience. *Computers in Human Behavior* [online]. 2023, roč. 141, s. 107607. ISSN 0747-5632. Dostupné na: doi:[10.1016/j.chb.2022.107607](https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107607)

WONG, Ka Po, Cynthia Yuen Yi LAI a Jing QIN, 2023. Systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials for evaluating the effectiveness of virtual reality therapy for social anxiety disorder. *Journal of Affective Disorders* [online]. 2023, roč. 333, s. 353–364. ISSN 1573-2517. Dostupné na: doi:[10.1016/j.jad.2023.04.043](https://doi.org/10.1016/j.jad.2023.04.043)

WRZECIONO, Adam, Błażej CIEŚLIK, Paweł KIPER, Joanna SZCZEPAŃSKA-GIERACHA a Robert GAJDA, 2024. Exploratory analysis of the effectiveness of virtual reality in cardiovascular rehabilitation. *Scientific Reports* [online]. 2024, roč. 14, č. 1, s. 281. ISSN 2045-2322. Dostupné na: doi:[10.1038/s41598-023-50788-9](https://doi.org/10.1038/s41598-023-50788-9)

ZHANG, Na, Chenlu HONG, Yuejia WANG, Haiqin CHEN, Yueli ZHU, Miao DA, Zhongxia SHEN, Xudong ZHAO, Jiali XU, Jiaxiu SHENG, Yanan LUO a Meiying XU, 2025. Stationary Cycling Exercise With Virtual Reality to Reduce Depressive Symptoms Among People With Mild to Moderate Depression: Randomized Controlled Trial. *Journal of Medical Internet Research* [online]. 2025, roč. 27, s. e72021. ISSN 1439-4456. Dostupné na: doi:[10.2196/72021](https://doi.org/10.2196/72021)

## 2 Návrh

Vzhľadom na robustné vedecké dôkazy o terapeutickom prínose VR technológií pre pacientov so srdcovým zlyhávaním a ich preukázateľne vysokú mieru akceptácie naprieč všetkými vekovými skupinami, vzniká jasná potreba vytvoriť komplexné modulárne softvérové riešenie schopné efektívne implementovať tieto poznatky v reálnej klinickej praxi.

Nami navrhovaný systém je koncipovaný ako platforma terapeutických VR aplikácií, ktoré budú cielene podporovať duševné zdravie pacientov prostredníctvom personalizovaných, interaktívnych a vedecky podložených intervencií. Cieľom tohto návrhu je vytvoriť technickú infraštruktúru umožňujúcu jednoducho vyvíjať, spravovať a nasadzovať jednotlivé terapeutické moduly v súlade s klinickými cieľmi a potrebami konkrétnych pacientov.

Systém bude pozostávať z dvoch hlavných častí:

- **Úvodná VR aplikácia** bude predstavovať vstupné rozhranie, ktoré umožní výber a prípadné prispôbenie terapeutickému intervencii. Poskytne používateľovi jednoduché a zrozumiteľné ovládanie, pričom zohľadní špecifiká cieľovej skupiny vrátane seniorov.
- **Samostatná VR aplikácia** (konkrétny terapeutický modul) sa následne spustí na základe výberu v úvodnej aplikácii. Každý modul bude postavený na **spoločnom aplikačnom rámci**, ktorý zabezpečí technickú a funkčnú konzistenciu naprieč rôznymi typmi terapií.

Navrhovaný prístup umožní flexibilnú integráciu širokého spektra funkcií – od relaxačných scén a edukačných hier až po biofeedback a vedené terapie – a zároveň vytvorí priestor pre budúce rozšírenia na základe vývoja potrieb pacientov alebo odborných odporúčaní.

### 2.1 VR rámec pre terapeutické účely

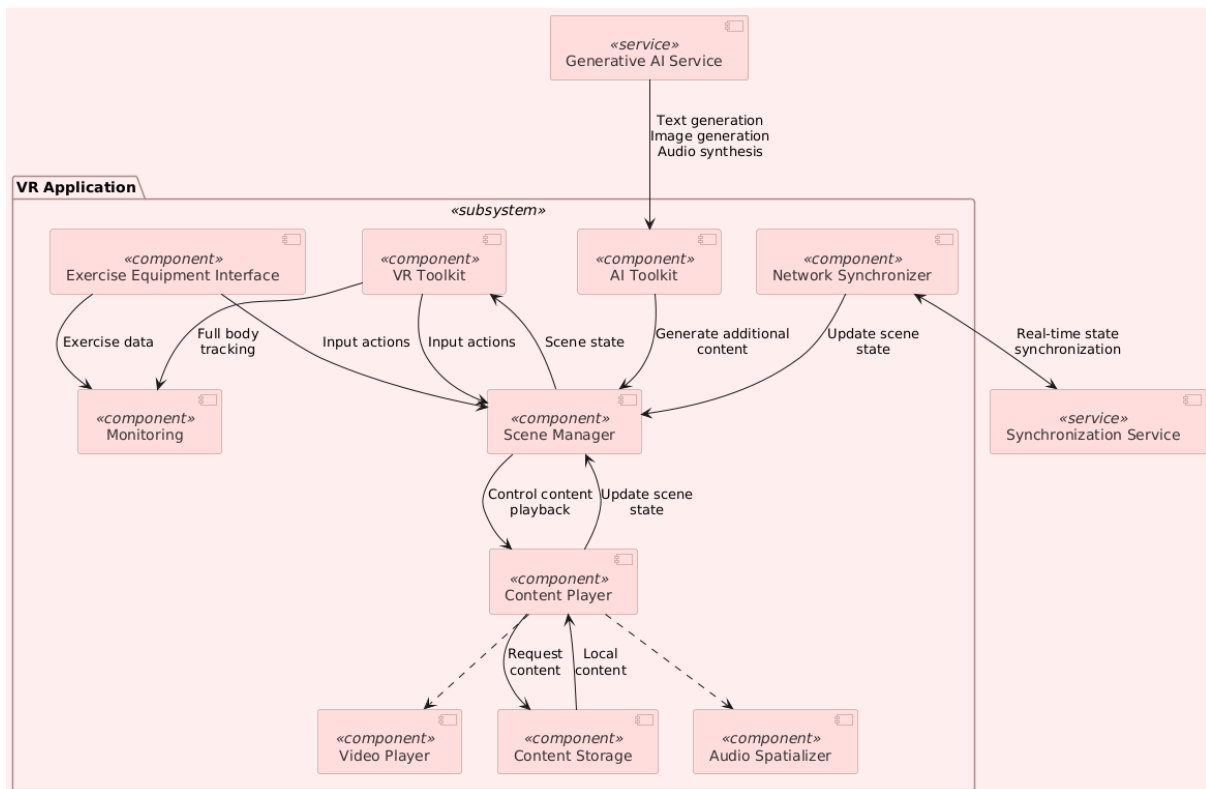
Táto podkapitola opisuje komplexnú architektúru VR aplikačného rámca pre terapeutické účely, ktorý slúži ako referenčný model pre vývoj špecializovaných VR aplikácií (modulov) v oblasti duševného zdravia. Tento referenčný model pokrýva široké spektrum funkcionalít a technických možností relevantných pre tvorbu terapeutických VR riešení vychádzajúcich z overených prístupov.

Špecializované aplikácie budú využívať kombináciu funkcionalít, ktoré možno prispôbiť špecifickým potrebám používateľa a konkrétnym terapeutickým cieľom. Medzi podporované funkcionality patria najmä:

- **Kontrolovaná a graduálna expozícia** fobickým alebo stresujúcim stimulom v bezpečnom prostredí (VR scéna),
- **Prezentácia audiovizuálneho obsahu** s dôrazom na relaxačné alebo edukačné účely (napr. 360° videá, priestorový zvuk),
- **Skupinové terapeutické interakcie** prostredníctvom synchronizovaného VR zážitku medzi viacerými používateľmi,
- **Sledovanie a vyhodnocovanie fyziologických parametrov** (napr. HRV, dýchanie) v reálnom čase s možnosťou ich vizualizácie,
- **Biofeedback a adaptívna terapia** reagujúca na fyziologické a behaviorálne údaje používateľa,

- **Personalizácia obsahu a priebehu terapie** pomocou umelej inteligencie (napr. generovanie scenérií, hudby alebo kognitívnych výziev),
- **Integrácia fyzickej aktivity** ako súčasti terapeutického procesu (napr. pohybové cvičenia, kardiálna rehabilitácia).

Architektúra je rozdelená do logicky samostatných častí, komponentov, ktoré spolu vytvárajú základ pre funkčné, škálovateľné a terapeuticky prispôsobiteľné VR aplikácie. Každý komponent plní špecifickú rolu a je navrhnutý tak, aby bol nezávisle nahraditeľný alebo rozšíriteľný. Nasledujúce podkapitoly popisujú každý komponent samostatne, vrátane jeho funkcií, interakcií a zodpovedností. Pre lepšiu orientáciu je celková štruktúra znázornená aj pomocou UML diagramu komponentov (viď. Obrázok 1).



Obrázok 1 - Architektúra VR aplikačného rámca pre terapeutické účely

### 2.1.1 VR Application

Subsystém VR Application predstavuje samostatne spustiteľnú aplikáciu určenú pre VR headset, ktorá poskytuje používateľovi terapeutický zážitok v imerzívnom prostredí. Jej hlavnou úlohou je prehrávať definovaný obsah a reagovať na používateľské vstupy. Tento subsystém pozostáva z nasledujúcich kľúčových komponentov.

#### VR Toolkit

VR Toolkit je zodpovedný za sprostredkovanie zážitku z virtuálnej reality používateľovi. Zabezpečuje rozhranie medzi VR hardvérom a softvérom, čím umožňuje interakciu používateľa s virtuálnym prostredím.

### **Primárne funkcie:**

- Zachytáva a spracováva vstupy z VR hardvéru na umožnenie interakcie používateľa s virtuálnym prostredím.
- Zodpovedá za zobrazenie 3D scény používateľovi.
- Zabezpečuje kompatibilitu s rôznymi VR zariadeniami, čím poskytuje flexibilnú platformu pre rôzne hardvérové konfigurácie.

### **Scene Manager**

Scene Manager je kľúčovým komponentom subsystému VR aplikácie, ktorý je zodpovedný za správu stavu virtuálneho prostredia. Zabezpečuje, aby boli jednotlivé prvky scény usporiadané a prezentované ako ucelený celok, čím používateľom poskytuje plynulý zážitok pri prechode medzi rôznymi typmi obsahu.

#### **Primárne funkcie:**

- Sleduje a udržiava aktuálny stav virtuálneho prostredia.
- Umožňuje plynulý prechod medzi rôznymi typmi obsahu.
- Poskytuje rozhrania pre ostatné komponenty na zmenu stavu scény.
- Prijíma vstupné akcie z VR Toolkit a Exercise Equipment Interface
- Zpracováva do prostredia generované prvky

### **Network Synchronizer**

Tento komponent podporuje viac užívateľské zážitky umožnením synchronizovaných interakcií medzi viacerými VR aplikáciami.

#### **Primárne funkcie:**

- Synchronizuje VR scénu v reálnom čase naprieč viacerými zariadeniami
- Komunikuje so Synchronization Service (externá služba určená na tvorbu kolaboratívnych aplikácií)

### **Content Player**

Content Player je zodpovedný za prehrávanie a sprostredkovanie terapeutického obsahu optimalizovaného pre rôzne terapeutické prístupy.

#### **Primárne funkcie:**

- Prehráva 360-stupňové videá, 3D a 2D videá
- Prehráva a integruje animácie 3D objektov do scény
- Prehráva a zabezpečuje realistický priestorový zvuk (spatial audio)
- Načítava a sprostredkováva predpripravené scény

### **Content Storage**

Lokálne úložisko obsahu

#### **Primárne funkcie:**

- Poskytuje lokálny obsah pre Content Player

## **Video Player**

Špecializovaný komponent pre prehrávanie videa v rámci VR prostredia.

Primárne funkcie:

- Spracováva rôzne video formáty vrátane 360-stupňových videí
- Zabezpečuje plynulé prelínanie medzi videami pre udržanie pokojnej atmosféry
- Poskytuje funkcie prehrávania videí pre Content Player

## **Audio Spatializer**

Komponent zodpovedný za priestorové audio vo VR prostredí.

Primárne funkcie:

- Vytvára 3D priestorový zvuk pre imerzívnu relaxáciu
- Synchronizuje zvuk s vizuálnymi prvkami

## **Monitoring**

Komponent pre sledovanie fyziologických a behaviorálnych parametrov a terapeutického progresu.

Primárne funkcie:

- Poskytuje objektívne dáta pre hodnotenie účinnosti expozície
- Detekuje prekročenie terapeutických limitov pre bezpečnosť
- Exportuje dáta pre terapeutickú analýzu a výskum
- Umožňuje sledovanie dlhodobého progresu pacienta

## **AI Toolkit**

Komponent integrujúci AI nástroje pre personalizáciu terapeutického obsahu a adaptívne prispôsobenie intervencií.

Primárne funkcie:

- Generuje zvuk a relaxačnú hudbu.
- Syntetizuje textu do hlasu, čím umožní prirodzenú hlasovú komunikáciu s používateľom.
- Realizuje transkripciu reči na text, čím podporí interakciu a spätnú väzbu od používateľa.
- Generuje a zobrazuje dynamické obrazové prvky a textové informácie, prispôsobené interakcii používateľa.

## **Exercise Equipment Interface**

Rozhranie pre integráciu s cvičebnými zariadeniami, podporujúce kombinovanú terapiu pohybom a VR.

Primárne funkcie:

- Poskytuje dodatočné dáta potrebné na synchronizáciu fyzickej aktivity (hlavne pohybu) s VR prostredím

- Poskytuje dodatočný biofeedback kanál

### 2.1.2 Synchronization Service

Synchronization Service je samostatný subsystém fungujúci ako server, poskytujúci kritickú podporu pre Network Synchronizer v rámci VR aplikácie. Riadi komunikáciu medzi všetkými klientmi, uľahčuje výmenu stavov a synchronizáciu pre real-time interakcie vo virtuálnom prostredí.

### 2.1.3 Generative AI Service

Externá služba poskytujúca možnosti generovania obsahu pomocou umelej inteligencie. Poskytuje AI Toolkit komponentu nasledujúce služby: generovanie textu, generovanie obrázkov, syntézu zvuku.

## 2.2 Prípady použitia

V tejto podkapitole prezentujeme kľúčové prípady použitia navrhovaného VR terapeutického systému pre pacientov so srdcovým zlyhávaním a sprievodnými psychickými ťažkosťami. Prípady použitia sú štruktúrované podľa primárnych terapeutických prístupov identifikovaných v rámci analýzy. Každý prípad použitia definuje konkrétny terapeutický cieľ, hlavných aktérov a sekvenciu interakcií medzi pacientom a systémom. Prezentované prípady použitia pokrývajú spektrum od aktívnych intervencií (expozičná terapia, behaviorálna aktivácia) až po pasívne relaxačné techniky, čím reflektujú heterogenitu pacientov a variabilitu ich fyzických a psychických kapacít.

### 2.2.1 UC1: Výber a spustenie terapeutického modulu

**Primárny aktér:** Pacient

**Sekundárny aktér:** Terapeut

**Úroveň:** Používateľský cieľ

**Hlavný úspešný scenár:**

1. Pacient si nasadí VR headset a spustí úvodnú aplikáciu
2. Systém zobrazí hlavné menu úvodnej aplikácie
3. Pacient prehliada dostupné terapeutické moduly
4. Systém zobrazuje názvy, ikony, stručné popisy a náhľady jednotlivých modulov
5. Pacient vyberie požadovaný modul (napr. "Relaxácia v prírode")
6. Systém zobrazí detailné informácie o module a možnosti prispôsobenia (ak sú dostupné)
7. Pacient potvrdí výber
8. Systém ukončí úvodnú aplikáciu a spustí zvolený terapeutický modul
9. Pacient sa ocitne v terapeutickom VR prostredí a absolvuje zvolenú terapeutickú intervenciu
10. Systém uloží zaznamenané dáta

**Rozšírenia:**

- 2a. Terapeut vopred nastavil odporúčaný modul (napr. cez konfiguračný súbor)
  - 2a1. Systém automaticky ukončí úvodnú aplikáciu a spustí prednastavený modul bez zobrazenia hlavného menu
  - 2a2. Prípad použitia pokračuje krokom č. 9

### 2.2.2 UC2: Absolvovanie VR expozičnej terapie

**Terapeutický cieľ:** Systematické znižovanie úzkosti alebo strachu prostredníctvom postupného a kontrolovaného vystavovania sa obávaným situáciám v bezpečnom virtuálnom prostredí.

**Primárny aktér:** Pacient

**Úroveň:** Používateľský cieľ

**Hlavný úspešný scenár:**

1. Pacient vstúpi do počiatočného bodu terapeutického prostredia (napr. úpätie kopca, vchod do jaskyne, zrúcanina).
2. Systém prezentuje prvý cieľovo navrhnutý úzkostný stimul / prekážku / výzvu v nízkej až miernej intenzite (napr. úzky priestor, neistý terén, zmena svetla).
3. Pacient sa rozhodne, ako prekážku alebo výzvu zvládnuť – čelí jej vedome a zámerne.
4. Po úspešnom prekonaní systém poskytne miernu pozitívnu spätnú väzbu (napr. výhľad, zaujímavý orientačný bod), ktorá podporuje zotrvanie v expozícii.
5. Systém postupne a systematicky zvyšuje intenzitu expozície (napr. strmší terén, zúžený priestor, tma, zvuky), podľa preddefinovanej hierarchie alebo terapeutického plánu.
6. Pacient napreduje vlastným tempom, pričom systém umožňuje opakovanie alebo predĺženie jednotlivých úrovní podľa potreby.
7. Pri dosiahnutí hlavného cieľa (napr. vrchol, východ, odhalenie osobného príbehu) systém poskytne výraznú odmenu, ktorá podporuje zmenu vnímania vlastnej kompetencie a zvládania.
8. Systém priebežne zaznamenáva parametre priebehu expozície (napr. prejdenu vzdialenosť, čas zotrvania, počet prekonaných prekážok, reakčné časy), ktoré môžu byť využité pre terapeutickú analýzu a sledovanie progresu.

**Rozšírenia:**

- 1a. Pacient môže scénu kedykoľvek pozastaviť alebo z nej vystúpiť.

### 2.2.3 UC3: Relaxácia a tréning mindfulness cez pokojné aktivity

**Terapeutický cieľ:** Podporiť pacienta v redukcii úzkosti prostredníctvom pokojnej, nenáročnej aktivity, ktorá rozvíja všímavosť, trpezlivosť a sústredenie na prítomný okamih.

**Primárny aktér:** Pacient

**Úroveň:** Používateľský cieľ

**Hlavný úspešný scenár:**

1. Pacient sa ocitne v pokojnom prostredí (napr. ostrovček obklopený riekou alebo tichá umelecká galéria)
2. Systém prezentuje jednoduché, relaxačné podnety (napr. pohybujúce sa ryby, šum vody, relaxačná hudba, obrazy)
3. Systém prezentuje jednoduchú interaktívnu úlohu (napr. chytanie rýb, alebo výber obrazu)
4. Pacient sa sústreďí na prítomný okamih pomocou pasívneho pozorovania a jemnej interakcie v snahe splniť danú úlohu
5. Pacient vykoná intuitívnu akciu VR ovládačom
6. Systém okamžite potvrdí úspech (ryba prichytená, obraz pridaný do kolekcie)
7. Skóre / kolekcia sa priebežne aktualizuje
8. Pacient pokračuje bez tlaku na výkon
9. Systém uloží vytvorenú kolekciu / skóre a záznam o priebehu

**Rozšírenia:**

- 5a. Pacient nevykonáva žiadnu akciu, Systém zvýši viditeľnosť interaktívnych prvkov.

### 2.2.4 UC4: VR behaviorálna aktivácia (XR-BA)

**Terapeutický cieľ:** Aktivovať pacienta s depresiou prostredníctvom príjemných, zmysluplných činností, ktoré poskytujú pocit úspechu a kompetencie, čím sa prelomí cyklus pasivity a vyhubavého správania.

**Primárny aktér:** Pacient

**Úroveň:** Používateľský cieľ

**Hlavný úspešný scenár:**

1. Pacient vstúpi do motivujúceho prostredia (napr. kopec s míľnikmi)
2. Systém prezentuje ľahko dosiahnuteľné ciele bez časového tlaku (míľnik na kopci)
3. Pacient vykoná jednoduchú zmysluplnú aktivitu vlastným tempom (kráčanie)
4. Pri každom malom úspechu systém poskytne okamžitú pozitívnu spätnú väzbu / odmenu.
5. Pacient postupne buduje pocit kompetencie cez sériu malých víťazstiev
6. Systém posilňuje pocit kontroly a autonómie (vlastné tempo, vlastné rozhodnutia)
7. Pri dokončení hlavného cieľa systém poskytne výraznú odmenu (panoramatický výhľad)
8. Systém zaznamená dosiahnuté úspechy a mieru zapojenia pre terapeutickú analýzu

**Rozšírenia:**

- 3a. Pacient prejavuje apatiu alebo nezáujem - Systém zníži náročnosť aktivity a priblíži prvý cieľ, prípadne zvýrazní najbližšiu odmenu.

## 2.3 Štruktúra terapeutických tréningov

Terapeutické VR sedenia budú navrhnuté tak, aby poskytovali krátke, kontrolované a psychologicky bezpečné intervencie, ktoré budú zohľadňovať limity pacienta a zároveň umožnia opakované vystavenie terapeutickému podnetu. Každý scenár bude možné používať maximálne päť minút v jednom cykle a pacient bude mať počas celého trvania sedenia plnú kontrolu nad jeho priebehom. V rámci každého scenára bude dostupné tlačidlo „Bezpečný únik“, ktoré umožní okamžité ukončenie zážitku vždy, keď to pacient bude považovať za potrebné. Tento prvok bude dôležitou súčasťou psychologickú bezpečnosti a bude podporovať pocit kontroly, najmä v kontexte VR intervencií u zraniteľnejšej populácie.

Po uplynutí úvodných piatich minút sa pacientovi zobrazí jednoduchá kontrolná otázka, ktorá bude pomocou troch emotikonov (veselý, neutrálny, smutný) zisťovať, ako sa pacient cíti. Bez ohľadu na zvolenú odpoveď sa následne objaví otázka, či chce pacient v sedení pokračovať. Ak pacient zvolí možnosť „Áno“, bude mu pridelených ďalších päť minút; ak zvolí „Nie“, sedenie sa v tejto fáze ukončí. Týmto spôsobom bude možné flexibilne prispôbiť dĺžku expozície, avšak bez rizika preťaženia. Celková dĺžka jedného sedenia tak bude môcť dosiahnuť maximálne desať minút.

Po uplynutí druhého päťminútového intervalu sa sedenie vždy ukončí — systém už nebude ponúkať ďalšie pokračovanie, aby sa zachoval bezpečný rámec terapeutickú záťaž. Následne sa pacientovi zobrazí oznámenie o ukončení sedenia spolu s opakovanou otázkou na zhodnotenie aktuálneho emocionálneho stavu pomocou rovnakých troch emotikonov. Tento krok bude slúžiť na získanie spätnej väzby, či sedenie nevyvolalo negatívne pocity alebo zvýšené napätie.

Na záver sa zobrazí ešte jedna špecifická otázka súvisiaca s konkrétnym terapeutickým modulom, v ktorom sa pacient nachádzal. Táto otázka bude formulovaná jednoducho, s odpoveďou „Áno/Nie“, a bude navrhnutá tak, aby podporila reflexiu pacienta nad hlavným cieľom daného VR sedenia. Pomôže to uzavrieť celý proces a zároveň poskytne terapeuticky relevantnú informáciu o pacientovej reakcii na obsah modulu.

## 2.4 Terapeutické moduly VR systému

Táto podkapitola detailne opisuje sedem špecializovaných VR modulov navrhnutých pre terapeutické intervencie u pacientov so srdcovým zlyhávaním a sprievodnými psychickými ťažkosťami. Každý modul predstavuje samostatnú VR aplikáciu s unikátnym prostredím a interakčnými mechanizmami.

### 2.4.1 Modul 1: Stúpanie do kopca vo VR (prekonávanie prekážok, graduálna expozícia, budovanie odolnosti)

Tento modul je navrhnutý tak, **aby pomohol pacientom s úzkosťou** simulovať prekonávanie osobných prekážok, budovať psychickú vytrvalosť a zažívať postupné úspechy v **bezpečnom a kontrolovanom virtuálnom prostredí**. Jeho hlavným cieľom je ponúknuť platformu pre systematickú desenzibilizáciu a expozíciu, ktorá je kľúčová v terapii úzkostných porúch. Môže byť obzvlášť užitočný pre **graduálnu expozíciu situáciám, ktoré vyvolávajú úzkosť** (napríklad postupné vystupovanie do náročnejšieho prostredia, ktoré odráža stupňujúce sa sociálne alebo iné úzkostné scenáre v reálnom živote).

Modul funguje ako silná a flexibilná metafora pre osobnú cestu prekonávania výziev. Pacient sa učí, že aj malé, konzistentné kroky vedú k významným cieľom a že prekážky sú zvládnuteľné. Vďaka regulácii tempa systém zabezpečuje, že zážitok je pre pacienta vždy optimálne náročný, ale nikdy nie preťažujúci, čo podporuje úspešné dokončenie a posilňuje pocit sebakompetencie.

**Primárne zameranie** – VRET, možnosť transformácie na XR-BA

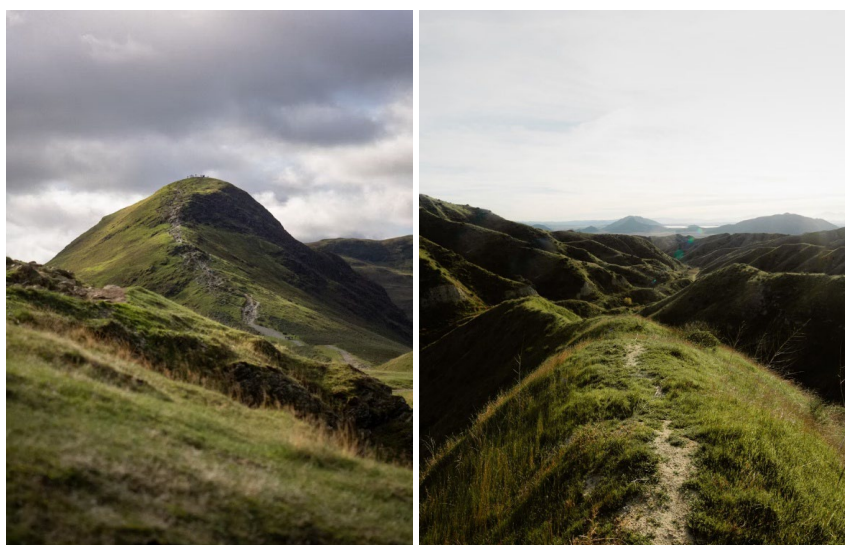
**Kľúčové aspekty modulu:**

- **Prostredie:** Pacient sa ocitne na úpätí kopca, ktorý môže byť spočiatku mierny a postupne sa stáva strmším. Rôznorodosť prostredia – od pokojnej lúky cez lesnú cestu až po skalnatý terén – umožňuje prispôbiť intenzitu a typ expozície aktuálnemu stavu pacienta a terapeutickým cieľom. Možnosť výberu a prispôsobenia prostredia podporuje individuálny prístup a relevantnosť pre vnútorný svet pacienta.
- **Interaktivita a progres:**
  - **Postupné Stúpanie:** Pacient virtuálne kráča nahor vlastným tempom. Náročnosť samotného stúpania prirodzene narastá s výškou a meniacim sa terénom. Týmto sa zabezpečí kontrolovaná, ale predovšetkým adaptívna graduálna expozícia alebo postupné zvyšovanie námahy.
  - **Mini-ciele a odmeny:** Počas stúpania sú rozmiestnené menšie míľniky (napríklad lavička s výhľadom, stánok s výhľadom, pergamen so správou ktoré poskytujú pocit malých víťazstiev a motivácie pokračovať. Pri dosiahnutí týchto bodov sa môže prehrať upokojujúca hudba alebo vizuálny efekt.
  - **Prekážky:** Modul môže obsahovať mierne prekážky (napr. popadané stromy, zákruta ktorú treba nájsť), ktoré si vyžadujú „rozhodnutie“ pacienta (virtuálne obísť, prekročiť). Tieto prekážky symbolizujú výzvy v reálnom živote.
- **Terapeutické možnosti:**
  - **Graduálna expozícia a systematická desenzibilizácia:** Modul umožňuje postupné vystavovanie pacienta podnetom vyvolávajúcim úzkosť, či už ide o zvyšujúcu sa náročnosť terénu alebo meniace sa svetelné podmienky. Týmto spôsobom sa pacient učí tolerovať diskomfort a znižovať úzkostné reakcie v kontrolovanom prostredí.

- **Metafora pre život:** Terapeut môže modul využiť ako metaforu pre prekonávanie osobných výziev a ukazovať, že aj malé kroky vedú k veľkým cieľom.
- **Pozitívne posilnenie:** Po dosiahnutí vrcholu hory, pacient získa panoramatický výhľad, pocit úspechu a uvoľnenia. Môže sa objaviť inšpiratívny citát alebo terapeutom vopred nahratá správa.

**Meranie progresu** – modul môže sledovať dĺžku stúpania a čas potrebný na prekonanie určitých úsekov.

**Kontrolná záverečná otázka:** Cítili ste, že ste počas tréningu zvládli nepríjemné podnety o niečo lepšie než na začiatku?



#### 2.4.2 Modul 2: Rybárčenie vo VR – terapia pokojom a trpezlivosťou

Tento modul je navrhnutý tak, aby pacientom s **úzkosťou** poskytol **pokojné a meditatívne prostredie**, ktoré podporuje **relaxáciu, trpezlivosť a schopnosť sústrediť sa na prítomný okamih (mindfulness)**. Virtuálne rybárčenie ponúka nízko-stresovú aktivitu, ktorá môže pomôcť odvieť pozornosť od rušivých myšlienok a budovať pocit pokoja a vnútorného mieru.

**Primárne zameranie** – VR relaxácia a tréning všímavosti, možnosť transformácie na XR-BA



## Kľúčové aspekty modulu:

- **Prostredie:** Pacient sa ocitne na malom, tichom ostrovčeku v strede rieky. Okolo neho z každej strany prúdi rieka, čo vytvára pocit izolovaného útočiska a úplného pokoja. Okolie ostrovčeka môže byť detailne spracované s rôznymi prvkami pre vizuálnu a akustickú pohodu:
  - **Bohatá vegetácia:** Jemné stromy, kríky a kvety, ktoré sa mierne pohupujú vo vetre.
  - **Zvuky rieky:** Realistické zvuky tečúcej vody, ktoré môžu byť mierne a upokojujúce.
  - **Prírodná atmosféra:** Možnosť výskytu realistických zvukov vtákov, bzučania hmyzu alebo šumenia listia, ktoré umocňujú ponorenie do prostredia.
  - **Dynamické svetelné podmienky:** Pre realistický dojem sa môžu svetelné podmienky dynamicky meniť, napríklad prechodom oblakov, ktoré vrhajú tieň na krajinu a občas zatienujú slnko, a opäť ho odhaľujú. Toto dodáva prostrediu živý a prirodzený rozmer.
- **Interaktivita a progres:**
  - **Intuitívny lov rýb:** Namiesto tradičného nahadzovania udice pacient jednoducho ukáže VR ovládačom na rybu vo vode. Ryby budú rýchlo plávať okolo neho a budú zreteľne označené ikonkou pre ľahšiu identifikáciu. Keď pacient úspešne „trafí“ rybu, tá sa automaticky pritiahne k nemu, pričom sa ozve špliechajúci zvuk, ktorý potvrdí úspech.
  - **Okamžitá spätná väzba a skóre:** Každá „chytená“ ryba sa okamžite započíta do skóre, čím sa pacientovi poskytuje hmatateľný pocit úspechu a progresu. Skóre môže byť zobrazené diskkrétne, aby nerušilo relaxačnú atmosféru, ale bolo dostupné pre spätnú väzbu.
  - **Pasívne čakanie a pozorovanie:** Kľúčovou súčasťou modulu je aj čas strávený pozorovaním prostredia. Aj keď je interakcia zjednodušená, modul stále podporuje sústredenie na prítomný okamih a vnímanie okolitého pokoja.
  - **Žiadny tlak na výkon:** Hoci sa skóre zaznamenáva, cieľom nie je dosiahnuť konkrétne vysoké skóre. Dôraz je kladený na samotný proces aktivity a jej upokojujúci efekt. Systém je navrhnutý tak, aby zaručoval dostatočnú frekvenciu úspešných „lovov“, čím sa predchádza pocitu frustrácie.
- **Terapeutické možnosti:**
  - **Redukcia úzkosti a stresu:** Ponorenie sa do pokojného prostredia malého ostrovčeka a monotónnosť opakovanej aktivity pomáha znížiť fyziologické prejavy úzkosti a navodiť stav hlbkej relaxácie. Pociť odľahlosti od vonkajšieho sveta môže byť pre niektorých pacientov obzvlášť upokojujúci.
  - **Tréning mindfulness a sústredenia:** Rýchle, ale predvídateľné pohyby rýb a potreba zamerať sa na ich označenie trénujú sústredenie na prítomný okamih a vizuálnu pozornosť. Pomáha to odvieť pozornosť od ruminatívnych myšlienok typických pre úzkosť a trénovať schopnosť byť "tu a teraz".
  - **Rozvoj trpezlivosti a tolerance neistoty:** Aj keď je lov rýb zjednodušený, stále si vyžaduje istú mieru trpezlivosti pri čakaní na vhodné ryby. Posilňuje to schopnosť tolerovať neistotu a budovať odolnosť voči frustrácii v bezpečnom prostredí.
  - **Zlepšenie nálady a pocitu pokoja:** Pokojné prírodné prostredie, uspokojenie z úspešného „lovu“ a jednoduchosť aktivity môžu zlepšiť náladu a navodiť pocit pokoja. Virtuálne útočisko na ostrovčeku poskytuje priestor pre úľavu.
  - **Bezpečné prostredie pre reflexiu:** Modul poskytuje bezpečné a nerušivé prostredie, v ktorom môžu pacienti v prítomnosti terapeuta (alebo aj samostatne) reflexne uvažovať o svojich pocitoch a myšlienkach.

**Meranie progresu** - modul môže sledovať a zaznamenávať indikátory ako je čas strávený v module, dĺžka čakania na záber, alebo počet „ulovených“ rýb.

**Kontrolná záverečná otázka:** Pomohol Vám tento tréning cítiť sa pokojnejšie a viac sústredene na prítomný okamih?

### 2.4.3 Modul 3: Zrúcanina vo VR – Objavovanie a Kontrolované Prekonávanie Úzkosti

Tento modul je navrhnutý tak, aby pacientom s **úzkosťou** poskytol prostredie pre **bezpečné objavovanie a postupné prekračovanie komfortnej zóny**. Jeho primárnym cieľom je vytvoriť kontrolovanú simuláciu, v ktorej môžu jednotlivci s úzkostnými poruchami **trénovať svoje copingové stratégie a budovať odolnosť**. Preskúvanie starovekej zrúcaniny v tomto starostlivo kontrolovanom a adaptabilnom prostredí môže pacientom pomôcť systematicky **trénovať toleranciu neistoty**, postupne **znižovať tendencie k vyhýbavému správaniu** a posilňovať ich **pocit zvládania situácií**, ktoré by v reálnom živote mohli vyvolať úzkosť alebo paniku.

Modul efektívne využíva potenciál virtuálnej reality na vytvorenie pohlcujúceho zážitku, kde sú podnety, ktoré môžu vyvolávať úzkosť, prítomné, no vždy v zvládnuteľnej miere. Týmto spôsobom sa pacient učí čeliť svojim obavám v bezpečnom "cvičnom" prostredí, kde má neustále prístup k mechanizmom na úľavu, ako je možnosť prerušiť zážitok alebo ho zjednodušiť. Tento prístup je kľúčový pre efektívnu terapiu, ktorá je základom liečby mnohých foriem úzkosti. Postupným zvyšovaním úrovně výzvy v simulovanom prostredí sa pacient môže krok za krokom adaptovať na situácie, ktoré ho predtým paralyzovali, a znovu získať kontrolu nad svojím životom.

#### Primárne zameranie – VRET

#### Kľúčové aspekty modulu:

- **Prostredie:** Pacient sa ocitne pri starovekej alebo stredovekej zrúcanine, ktorá je čiastočne zarastená prírodou, čo jej dodáva tajomnú, no nie hrozivú atmosféru. Prostredie bude navrhnuté tak, aby pôsobilo majestátne a podnecovalo k objavovaniu, avšak bez prvkov, ktoré by mohli úzkosť nekontrolovane stupňovať:
  - **Architektúra:** Zvyšky múrov, oblúkov, veží, schodísk – všetko s pocitom dávnej histórie.
  - **Vegetácia:** Brečtan, mach, stromy rastúce pomedzi kamene, čo vytvára organickú a pokojnú integráciu s prírodou.
  - **Svetelné podmienky:** Dynamické svetelné podmienky, napríklad prechodom oblakov, ktoré vrhajú meniace sa tieň na kamene a odkryté časti stavby. Svetlo sa bude jemne meniť, prechádzať pomedzi stromy a vytvárať hru svetla a tieňa, čo dodáva scéne živý a prirodzený rozmer.
  - **Akustika:** Jemné zvuky vetra, šumenie lístia, spev vtákov a dozvuky vlastných krokov, ktoré umocňujú pocit prítomnosti v tichom, ale živom prostredí.
- **Interaktivita a progres:**
  - **Slobodné objavovanie príbehu:** Pacient sa môže voľne pohybovať po zrúcanine a jej okolí. Môže skúmať rôzne miestnosti, stúpať po schodoch (ak sú bezpečné) a objavovať skryté zákutia, aby nachádzal útržky papiera.

- **Zber útržkov papiera:** Kľúčovou interakciou je zbieranie roztrhaných útržkov papiera, ktoré sú diskkrétne rozmiestnené po celej zrúcanine. Každý útržok obsahuje časť príbehu alebo nápovedu.
- **Skladanie príbehu:** Keď pacient nazbiera dostatočný počet útržkov, môže ich virtuálne poskladať do súvislého textu, čím odhalí časť celkového príbehu zrúcaniny alebo jej bývalých obyvateľov. Tento proces vyvoláva pocit zvedavosti, úspechu a progresu, čo podporuje nové podnety a udržiava motiváciu.
- **Audiovizuálne mini-príbehy:** Po poskladaní určitej časti príbehu alebo pri objavení špecifického miesta (napr. miesta s výhľadom, studne) sa môže spustiť krátky, pokojný audio-vizuálny úryvok, ktorý vizuálne podčiarkuje odkrytú časť príbehu alebo inšpiruje k zamysleniu. Tieto úryvky sú vždy s pozitívnym alebo neutrálne stimulujúcim podtónom, aby sa predišlo úzkostným reakciám.
- **Žiadny časový limit ani nebezpečenstvo:** Modul je navrhnutý ako absolútne bezpečné prostredie pre exploráciu. Neexistujú žiadne časové limity, nebezpečné miesta ani hrozby. Týmto sa minimalizuje stres a pacient si môže precvičovať toleranciu neistoty v kontrolovaných podmienkach.
- **Terapeutické možnosti:**
  - **Kontrolovaná expozícia a systematická desenzibilizácia:** Pre pacientov s úzkosťou môže mierne tajomné prostredie zrúcaniny poskytnúť bezpečnú formu expozície neznámym podnetom a neistote, bez skutočného pocitu ohrozenia. Pacient si tak môže precvičiť toleranciu neistoty, znižovať vyhýbavé správanie a postupne znižovať úzkostné reakcie na nové alebo neznáme situácie.
  - **Stimulácia zvedavosti a redukcia vyhýbavého správania:** Akt objavovania a hľadania skrytých detailov môže pomôcť oživiť zvedavosť a podnietiť pacienta k aktívnemu preskúmvaniu, čo je dôležité pre prekonanie vyhýbavého správania spojeného s úzkosťou. Pociť malých úspechov z nájdených predmetov posilňuje pocit kompetencie a kontroly.
  - **Nácvik zvládania nečakaných situácií:** Hoci prostredie nie je hrozné, objavovanie nečakaných zákutí alebo skrytých predmetov môže pacienta učiť reagovať na mierne prekvapenia bez paniky, čím sa posilňuje jeho schopnosť zvládať neočakávané podnety v reálnom živote.
  - **Mindfulness a vnímanie detailov:** Dôraz na objavovanie skrytých detailov a vnímanie okolitého prostredia podporuje pozornosť k prítomnému okamihu a všímanie si zmyslových podnetov, čo je kľúčové pre tréning mindfulness a znižovanie prežívania úzkosti.

**Meranie progresu** - modul môže sledovať a zaznamenávať indikátory ako je čas strávený v module, prejdená vzdialenosť, počet objavených skrytých predmetov/nápovedí, či frekvencia interakcie s prostredím.

**Kontrolná záverečná otázka:** Pomohol Vám tento tréning cítiť sa istejšie pri prekonávaní nových alebo neistých situácií?



#### 2.4.4 Modul 4: Jaskyňa/Pivnica vo VR – Prekonávanie Neistoty a Budovanie Odolnosti vo Novom Prostredí

Tento modul je navrhnutý tak, aby pacientom s **úzkosťou** poskytol **bezpečné a kontrolované prostredie** pre **postupnú expozíciu neznámym a obmedzeným priestorom**. Jeho hlavným cieľom je vytvoriť simulované prostredie, ktoré umožňuje stretnutie s podnetmi bežne vyvolávajúcimi úzkosť, ako je tmavé alebo stiesnené prostredie. Vstup do spočiatku tmavého priestoru, spojený s možnosťou **vlastného objavovania a aktívneho osvetlenia**, ponúka jedinečnú a terapeuticky cennú príležitosť na **budovanie odolnosti a efektívne zvládanie úzkostných reakcií** na situácie, ktoré v nich vyvolávajú neistotu, pocit straty kontroly alebo obavy z neznáma.

Modul starostlivo balansuje medzi realistickým zobrazením a kontrolovaným terapeutickým prostredím. Pacientovi sa poskytuje nástroj (lampáš) na aktívnu interakciu s tmou a neprehľadnosťou, čím sa posilňuje pocit kompetencie. Týmto spôsobom sa namiesto vyhýbavého správania podporuje postupné a bezpečné čelenie obavám, čo je základný kameň expozície terapie úzkostných porúch. Schopnosť systému ponúknuť okamžitý návrat do bezpečia zaručuje, že expozícia prebieha vždy v rámci zvládateľných limitov pacienta, minimalizujúc riziko preťaženia a maximalizujúc terapeutický efekt.

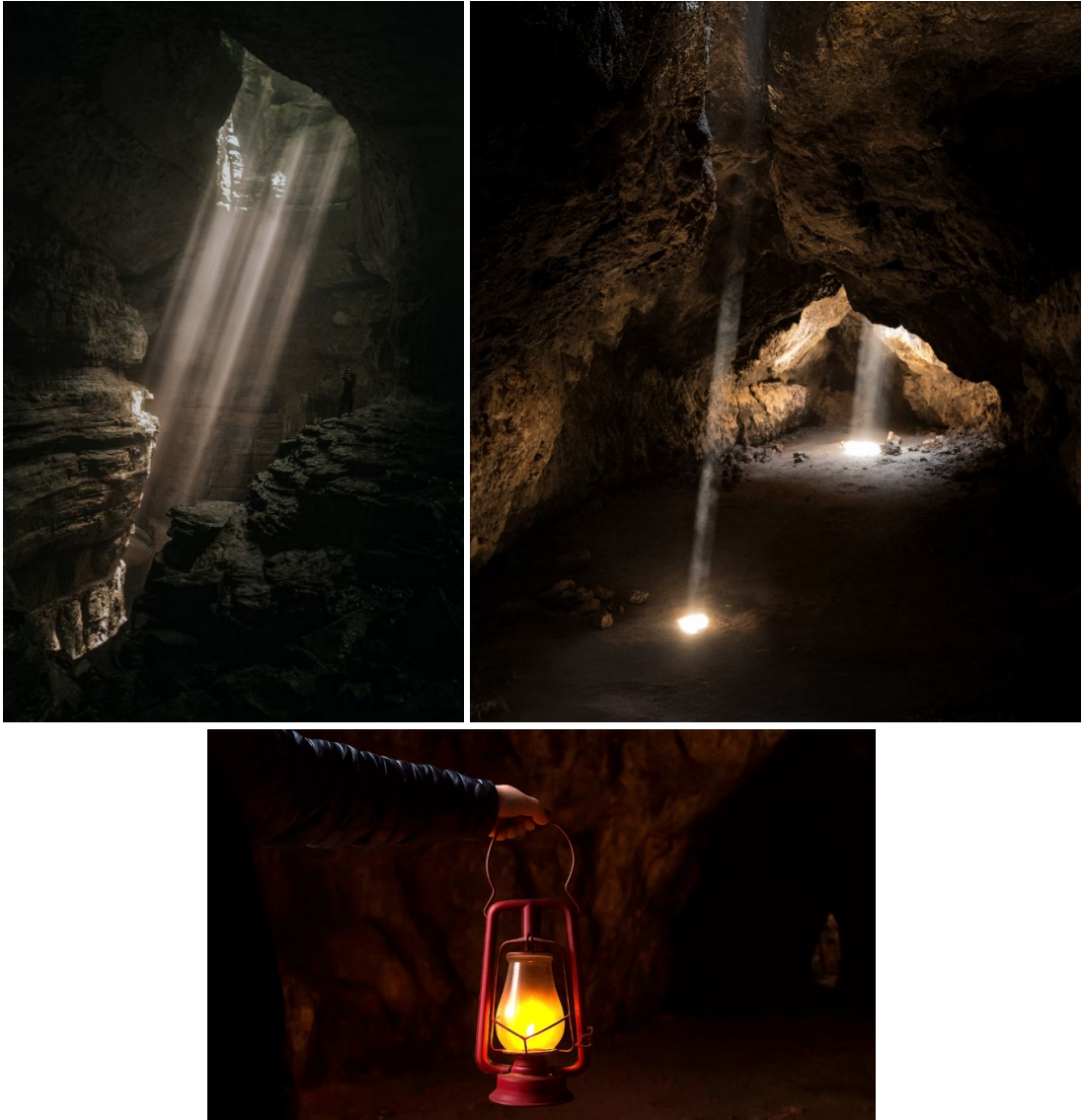
##### Primárne zameranie – VRET

##### Kľúčové aspekty modulu:

- **Prostredie:** Pacient sa ocitne pred vchodom do **jaskyne alebo starobylej pivnice**. Prostredie bude spočiatku pôsobiť nehostinne, no bez akýchkoľvek strašidelných alebo hrozivých prvkov,

aby sa predišlo traumatizácii. Dôraz je kladený na pocit obmedzeného priestoru a mierneho nedostatku svetla:

- **Vstup:** Úzka, no prechodná šachta alebo schodisko vedúce nadol.
- **Interiér:** Steny môžu byť skalnaté alebo kamenné, s pocitom vlhkosti. Priestory budú spočiatku tmavé, s minimálnym prirodzeným svetlom prichádzajúcim len zo vstupu.
- **Akustika:** Zvuky budú prispôbené prostrediu – ozvena vlastných krokov, kvapkanie vody, tlmené vzdialené zvuky (napr. vietor prenikajúci cez šachty), ktoré však nikdy nebudú desivé ani úzkostné.



- **Interaktivita a progres:**

- **Úniková cesta a postupný vstup:** Primárnym cieľom pacienta je nájsť cestu von z jaskyne/pivnice. Môže sa voľne pohybovať a preskúmať rôzne chodby a miestnosti.
- **Navigácia s lampášom:** Kľúčovou pomôckou pre navigáciu a objavovanie je virtuálny lampáš, ktorý má pacient neustále k dispozícii. Môže ho zapnúť/vypnúť a ovládať jeho smer, aby si prisvetľoval cestu. Tento lampáš slúži ako zdroj svetla a symbol kontroly nad prostredím. Pacient sa postupne učí efektívne využívať lampáš na orientáciu v tme a hľadanie správnej cesty von.

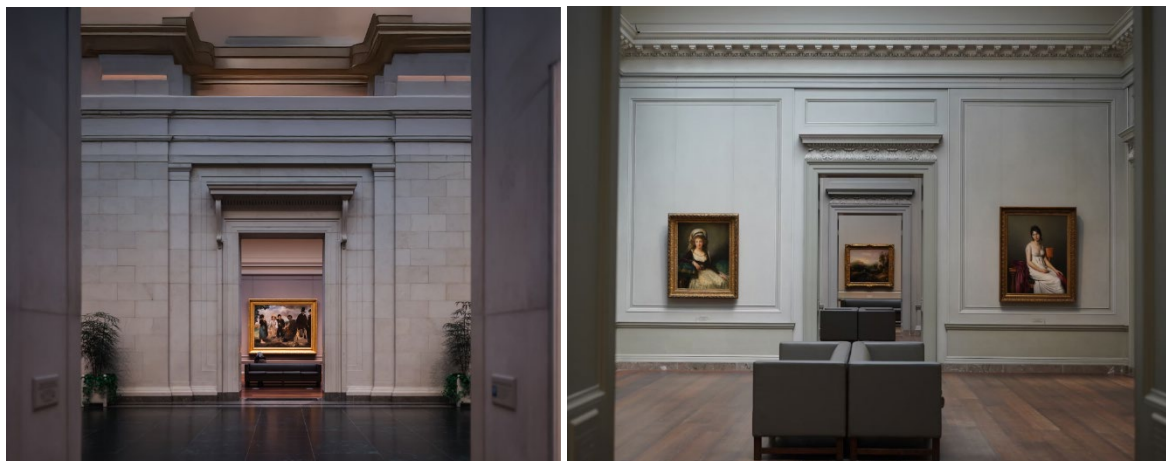
- **Orientačné body:** Vnútri jaskyne/pivnice môžu byť rozmiestnené diskkrétne orientačné body (napr. staré nápisy na stenách, zvláštne skalné útvary, svetelné lúče prenikajúce trhlinami), ktoré pacient odhalí až po osvetlení priestoru lampášom. Tieto objavy sú odmenou za prekonanie obáv z neznáma a posilňujú pocit úspechu pri postupe smerom k východu.
- **Žiadne náhle vydesenia:** Modul neobsahuje žiadne "jumpscare" ani náhle sa objavujúce prvky, ktoré by mohli spôsobiť paniku. Všetky interakcie sú predvídateľné a kontrolované, aby sa minimalizoval pocit ohrozenia a pacient sa mohol plne sústrediť na úlohu nájsť cestu von.
- **Terapeutické možnosti:**
  - **Kontrolovaná expozícia neznámu:** Modul poskytuje bezpečné prostredie pre postupné vystavovanie sa novým, obmedzeným priestorom a prostrediam s nedostatkom svetla. Pacient si tak môže trénovať pobyt v takýchto podmienkach a hľadanie východiska, pričom si sám reguluje tempo a mieru expozície.
  - **Budovanie tolerancie neistoty a riešenie problémov:** Úloha nájsť cestu von v neznámom prostredí vyžaduje toleranciu neistoty a aktívne hľadanie riešenia. Každý krok vpred posilňuje schopnosť pacienta zvládať nepredvídateľné situácie a riešiť problémy v bezpečnom prostredí.
  - **Posilnenie pocitu kontroly a kompetencie:** Aktívne používanie lampáša, navigácia v prostredí a samotné objavenie východu posilňuje pacientov pocit kontroly a vlastnej kompetencie pri zvládaní situácií, ktoré by inak mohli vyvolať úzkosť.
  - **Regulácia dýchania a relaxácia:** Počas expozície môže terapeut naviesť pacienta k technikám hlbokého dýchania a relaxácie, ktoré pomáhajú zmierniť fyziologické prejavy úzkosti.

**Meranie progresu** - modul môže sledovať a zaznamenávať indikátory ako je prejdená vzdialenosť v obmedzených priestoroch, čas strávený v tmavých/obmedzených prostrediach, frekvencia používania lampáša a počet objavených prvkov.

**Kontrolná záverečná otázka:** Pomohol Vám tento tréning cítiť sa istejšie pri pobyte v tmavom alebo stiesnenom prostredí?

## 2.4.5 Modul 5: Galéria vo VR – Objavovanie a Vyjadrovanie Estetických Preferencií

Tento modul je navrhnutý tak, aby pacientom s **úzkosťou** poskytol **pokojnú, vizuálne stimulujúce prostredie** pre objavovanie umenia a vyjadrovanie osobných preferencií. Jeho primárnym cieľom je vytvoriť bezpečný a nízko-stresový priestor, kde sa pacienti môžu **aktívne zapojiť do činnosti, ktorá odvádza pozornosť** od úzkostných myšlienok a ruminácie. Interakcia s umením a možnosť slobodnej voľby v tomto kontrolovanom prostredí môže efektívne **pomôcť odkloniť pozornosť** od vnútorných nepokojov, **podporiť sebvýjadrenie** a autonómiu, a zároveň **poskytnúť terapeutovi cenný náhľad** do estetického vnímania pacienta a jeho momentálneho stavu, čo môže byť dôležité pre následnú diskusiu a terapiu. Modul je navrhnutý tak, aby minimalizoval akýkoľvek tlak na výkon, čím podporuje plnohodnotné a relaxačné zapojenie pacienta.



**Primárne zameranie** – VR relaxácia a tréning všímavosti

#### **Kľúčové aspekty modulu:**

- **Prostredie:** Pacient sa ocitne v prostredí **klasickej umeleckej galérie**, ktorá vyžaruje pocit pokoja a kultúry. Architektúra bude elegantná a svetlá, s dostatkom priestoru pre voľný pohyb.
  - **Interiér:** Vysoké stropy, jemné osvetlenie, čisté steny a podlahy typické pre tradičné galérie. Súčasťou galérie budú aj **sochy** umiestnené v strede miestností alebo vo výklenkoch, ktoré dotvárajú umeleckú atmosféru.
  - **Obrazy generované AI:** Na stenách galérie budú visieť obrazy, ktoré sú unikátne generované umelou inteligenciou. Tieto obrazy budú zobrazovať rôznorodé vizuálne témy – od čistých geometrických útvarov a abstraktných vzorov po komplexnejšie, no stále neutrálne a neznepokojujúce obrazce. Farebné palety budú zvolené tak, aby pôsobili upokojujúco a neagresívne.
  - **Svetelné podmienky:** Osvetlenie galérie bude optimalizované pre umelecké diela, s jemným, no dostatočným svetlom. Dynamické svetelné podmienky, napríklad prechodom oblakov vonku, môžu vrhovať jemné meniace sa tieň na steny a obrazy, čo dodáva scéne živý, ale stále pokojný rozmer.
  - **Akustika:** Tlmené, vzdialené zvuky prostredia galérie, prípadne veľmi jemná a upokojujúca ambientná hudba.
- **Interaktivita a progres:**
  - **Voľné objavovanie:** Pacient sa môže voľne pohybovať po galérii, preskúmať jednotlivé miestnosti a detailne si prezerať sochy a obrazy z rôznych uhlov.
  - **Výber kolekcie kliknutím:** Kľúčovou interakciou je výber obrazov kliknutím na ne pomocou VR ovládača. Pacient si takto „zbiera“ svoju vlastnú kolekciu obľúbených obrazov. Táto akcia je intuitívna a okamžite potvrdzuje výber.
  - **Uloženie a zobrazenie kolekcie pre terapeuta:** Zozbieraná kolekcia vybraných obrazov sa automaticky uloží. Terapeut si ju bude môcť neskôr prezrieť a analyzovať, čím získa náhľad do pacientových estetických preferencií, vizuálneho vnímania a možno aj aktuálneho emocionálneho stavu prostredníctvom jeho výberu.
  - **Žiadny tlak na výkon:** V module nie je žiadny správny alebo nesprávny výber. Cieľom je slobodné vyjadrenie preferencií, bez akéhokoľvek hodnotenia. Neexistujú časové limity ani náhle, rušivé prvky.

- **Terapeutické možnosti:**

- **Zníženie úzkosti a odklonenie pozornosti:** Ponorenie sa do esteticky príjemného prostredia a zameranie sa na výber umenia môže pomôcť odvieť pozornosť od úzkostných myšlienok a prežívania, čím sa navodzuje stav pokoja a sústredenia.
- **Podpora sebavyjadrenia a autonómie:** Možnosť slobodne si vyberať a vytvárať vlastnú kolekciu umenia posilňuje pocit autonómie a sebavyjadrenia, čo je dôležité pre pacientov, ktorí sa môžu cítiť stratení alebo obmedzení úzkosťou.
- **Kognitívna stimulácia a pozornosť k detailom:** Prezeranie a výber AI-generovaných obrazov, často s komplexnými geometrickými útvarmi alebo vzormi, stimuluje kognitívne funkcie a pozornosť k detailom, čo môže pomôcť zlepšiť sústredenie a odkloniť sa od úzkostných ruminácií.
- **Východiskový bod pre terapeutickú diskusiu:** Zaznamenaná kolekcia obrazov slúži ako konkrétne východisko pre rozhovor s terapeutom. Terapeut sa môže pýtať na dôvody výberu konkrétnych obrazov, ich farby, tvary alebo pocity, ktoré vyvolávajú, čím hlbšie pochopí vnútorný svet pacienta.
- **Bezpečné prostredie pre interakciu:** Galéria je úplne bezpečné, kontrolované prostredie bez akýchkoľvek hrozieb, čo umožňuje pacientovi experimentovať s interakciou a vyjadrovaním bez obáv.

**Meranie progresu** - modul môže sledovať a zaznamenávať indikátory ako je čas strávený v galérii, počet prezretých obrazov, počet obrazov pridaných do kolekcie, či frekvencia interakcie s prostredím. Kľúčovým výstupom je však samotná uložená kolekcia vybraných obrazov, ktorá poskytuje kvalitatívny náhľad do estetických preferencií pacienta pre terapeutické účely.

**Kontrolná záverečná otázka:** Pomohol Vám tento tréning uvoľniť sa a vyjadriť sa cez umenie podľa vlastných predstáv?

#### 2.4.6 Modul 6: Amfiteáter v Prírode vo VR – Terapia Hudbou a Pokojom

Tento modul je navrhnutý tak, aby pacientom s **úzkosťou** poskytol **upokojujúce a povznášajúce prostredie** pre pasívnu relaxáciu a hlboké ponorenie sa do hudby. Jeho hlavným cieľom je využiť **synergiu prírodného vizuálneho prostredia a inovatívnej AI-generovanej hudby** na vytvorenie terapeutického zážitku. Prírodný amfiteáter so živou, neustále sa meniacou AI-generovanou hudbou ponúka jedinečnú príležitosť na **efektívne zníženie úzkosti prostredníctvom audiosimulácie**, čo preukázateľne ovplyvňuje **fyziológické aj psychologické aspekty stresu**. Modul aktívne podporuje **hlbokú relaxáciu** a poskytuje vizuálne príjemný zážitok, ktorý môže pomôcť odvieť pozornosť od rušivých a **úzkostných myšlienok**, čím sa pacientovi umožňuje znovu nájsť **vnútorný pokoj a rovnováhu**.

Dôraz je kladený na nízku interaktivitu, ktorá minimalizuje kognitívnu záťaž a umožňuje pacientovi plne sa sústrediť na senzorické podnety. Táto kombinácia prírodných zvukov, vizuálov a adaptívnej hudby vytvára bezpečné útočisko, kde sa úzkostné stavy môžu postupne rozplynúť. Flexibilita vo výbere hudobnej nálady navyše umožňuje terapeutovi prispôbiť zážitok preferenciám pacienta, čím sa maximalizuje terapeutický efekt a zvyšuje pravdepodobnosť úspešnej relaxačnej reakcie.

**Primárne zameranie** – VR relaxácia a tréning všímavosti



### Kľúčové aspekty modulu:

- **Prostredie:** Pacient sa ocitne v **prírodnom amfiteátri**, ktorý je harmonicky zasadený do krajiny. Svahy pokryté zeleňou, ktoré prirodzene tvoria hľadisko, a v strede plochú oblasť ako scénu.
  - **Miesto:** Amfiteáter môže byť situovaný v rôznych pokojných prírodných lokalitách, napríklad na lesnej mýtine, pri brehu pokojného jazera, alebo v otvorenej lúke obklopenej stromami. Dôraz je kladený na pocit priestoru, otvorenosti a harmónie s prírodou.
  - **Scéna:** V centre amfiteátra je priestor pre vystúpenie. Môže to byť jednoduchá drevená plošina alebo len upravená trávnatá plocha. Na scéne nie sú žiadni vizuálni interpreti ani postavy, aby sa predišlo sociálnej úzkosti a aby sa pacient mohol plne sústrediť na hudbu a prostredie.
  - **Svetelné podmienky:** Osvetlenie bude prirodzené, simulujúce dennú dobu podľa výberu (napr. teplé svetlo zapadajúceho slnka, jasné denné svetlo). Dynamické svetelné podmienky, napríklad prechodom oblakov, môžu jemne meniť intenzitu svetla a vytvárať hru tieňov, čím sa dodáva scéne živý, ale pokojný rozmer.
  - **Akustika:** Primárnym prvkom je AI-generovaná hudba. Okrem hudby budú prítomné aj jemné, ambientné zvuky prírody, ako je šumenie vetra v listoch, spev vtákov alebo jemný šum vzdialenej vody, ktoré dotvárajú pokojnú atmosféru.
- **Interaktivita a progres:**
  - **Voľba hudobného žánru/nálady:** Pacient má možnosť na začiatku modulu vybrať si preferovaný hudobný žáner alebo náladu AI-generovanej hudby (napr. relaxačná ambientná hudba, upokojujúce melódie inšpirované prírodou, mierne optimistické tóny). Táto voľba sa uloží a môže byť pre terapeuta cennou informáciou.
  - **Pasívna kontemplácia:** Primárnou interakciou je slobodný pohyb po amfiteátri a hľadisko, pričom si pacient vyberá miesto na sedenie alebo státie a jednoducho počúva hudbu a pozoruje prostredie. Nie sú potrebné žiadne zložité ovládacie prvky, čo minimalizuje kognitívnu záťaž.
  - **Zmena perspektívy:** Pacient môže meniť svoju pozíciu v amfiteátri, čo ovplyvňuje, ako vníma akustiku a vizuálnu scénu. To mu dáva pocit kontroly nad svojím zážitkom.

- **Žiadny tlak na výkon:** Modul je určený na čistú relaxáciu. Neexistujú žiadne úlohy, body ani časové limity. Pacient môže v module zostať tak dlho, ako potrebuje.
- **Terapeutické možnosti:**
  - **Zníženie úzkosti prostredníctvom hudby:** AI-generovaná hudba, prispôbená špeciálne pre relaxáciu a zníženie stresu, môže mať priamy a významný vplyv na znižovanie fyziologických prejavov úzkosti, ako je napríklad zrýchlený srdcový tep, plytké dýchanie alebo svalové napätie. Jej cieľom je navodiť stav hlbokého pokoja. Hudba je zámerne navrhnutá tak, aby bola nepredvídateľná, no vždy harmonická a upokojujúca, čím zabráňuje monotónnosti a udržiava záujem bez vyvolávania rušivých podnetov. Tento auditívny zážitok pomáha modulovať stresové reakcie v tele a mysli.
  - **Podpora relaxácie a mindfulness:** Pasívne ponorenie sa do hudby a súčasné pozorovanie pokojného prírodného prostredia amfiteátra pomáha pacientom aktívne precvičiť si mindfulness. To zahŕňa sústredenie sa na prítomný okamih a vnímanie zmyslových podnetov – počúvanie tónov, vnímanie zvukov prírody. Táto cieľená pozornosť efektívne odvádza pozornosť od úzkostných myšlienok a nekonečných cyklov obáv, čím podporuje stav duševného a fyzického uvoľnenia.
  - **Bezpečné prostredie pre emocionálnu rezonanciu:** Hudba má silnú schopnosť vyvolať rôzne emócie a pocity. Tento modul poskytuje absolútne bezpečné prostredie, kde pacient môže tieto emócie pociťovať a spracovávať, bez akéhokoľvek tlaku, hrozby alebo potreby reakcie. To je kľúčové pre emocionálnu reguláciu a pre pochopenie vlastných reakcií v kontrolovanom a podpornom prostredí.
  - **Terapeutická diskusia:** Výber hudobného žánru/nálady a pocity, ktoré pacient prežíva počas modulu, môžu byť mimoriadne cenným východiskovým bodom pre následnú terapeutickú diskusiu. Terapeut môže tieto informácie využiť na hlbšie pochopenie pacientovho emočného stavu, jeho preferencií a vnútorných zdrojov pokoja, čím sa obohacuje celkový terapeutický proces a umožňuje personalizácia ďalšej liečby.
  - **Odklonenie pozornosti:** Pre pacientov s úzkosťou je kľúčové mať k dispozícii efektívne nástroje na odklonenie pozornosti od katastrofických, rušivých a opakujúcich sa úzkostných myšlienok. Esteticky príjemné prostredie prírodného amfiteátra v kombinácii s upokojujúcou AI-generovanou hudbou poskytujú mimoriadne efektívne rozptýlenie. Tento zážitok ponúka pacientovi duševný únik a priestor na oddych od vnútorného nepokoja.

**Meranie progresu** - modul môže sledovať a zaznamenávať indikátory ako je čas strávený v module, zvolený hudobný žánr/náladu, či zmeny polohy v amfiteátri. Modul môže poskytovať komplexný obraz o pacientovej miere relaxácie a jeho reakcii na hudobné a vizuálne podnety.

**Kontrolná záverečná otázka:** Pomohol Vám tento tréning cítiť sa pokojnejšie a uvoľnenejšie pri počúvaní hudby v prírodnom prostredí?

#### 2.4.7 Modul 7: VR 360 Video – Les a príroda (Pasívna imerzia pre zníženie úzkosti)

Tento modul je navrhnutý tak, aby pacientom s **úzkosťou** poskytol **vysoko imerzný, vizuálne a akusticky upokojujúci zážitok z prírody**. Jeho hlavným cieľom je vytvoriť **prístupný a efektívny nástroj na zmiernenie úzkostných stavov** prostredníctvom pasívneho ponorenia do harmonických prírodných scenérií. Pomocou **360-stupňových videí** z rôznych lesných a prírodných prostredí sa modul

zameriava na **pasívnu relaxáciu**, cielené **odklonenie pozornosti od rušivých a úzkostných myšlienok** a celkové **navodenie pocitu pokoja a bezpečia**, a to všetko bez potreby akejkoľvek aktívnej interakcie či plnenia úloh.

Modul efektívne využíva **silu prírodných vizuálov a autentických zvukov** na prenesenie pacienta do prostredia, ktoré je prirodzene upokojujúce pre ľudskú psychiku. Táto forma **kontrolovanej expozície prírode** v bezpečnom virtuálnom priestore umožňuje pacientom zažiť benefity prítomnosti v prírode bez obáv z vonkajších spúšťačov úzkosti. Je ideálny pre tých, ktorí potrebujú **okamžitú úľavu a priestor pre duševný odpočinok**, a zároveň ponúka terapeutovi možnosť sledovať reakcie pacienta na rôzne typy prírodných prostredí pre hlbšiu diagnostiku a personalizáciu terapie.



**Primárne zameranie** – VR relaxácia a tréning všímanosti

**Kľúčové aspekty modulu:**

- **Prostredie:** Pacient sa ocitne priamo v srdci pokojných prírodných scenérií, ktoré sú zachytené pomocou vysoko kvalitného 360-stupňového videa. Dôraz je kladený na realizmus a upokojujúci charakter prostredia:
  - **Lesné prostredie:** Husté lesy s vysokými stromami, slnečné lúče prenikajúce cez koruny stromov, jemný pohyb lístia vo vetre. Môžu byť zahrnuté rôzne typy lesov (napr. ihličnatý, listnatý).
  - **Vodné plochy:** Zábery z brehu pokojného jazera, tečúceho potoka alebo rieky s čistou vodou.
  - **Hory a lúky:** Rozľahlé lúky s poľnými kvetmi, vzdialené hory v hmle alebo jasnom svetle.
  - **Čas dňa/počasia:** Videá môžu striedať denné doby (mierne ráno, slnečné popoludnie, pokojný súmrak) a ľahké, upokojujúce poveternostné podmienky (napr. jemný vánok, mierne slnečno po prechádzajúcom oblaku).
  - **Akustika:** Zvuky sú prirodzené a sú neoddeliteľnou súčasťou imerzie: šum lístia, spev vtákov, žblnkotanie vody, vzdialené zvuky prírody (bez rušivých alebo náhlych elementov). Zvuková stopa je navrhnutá tak, aby umocňovala pocit pokoja a bezpečia.

- **Interaktivita a progres:**

- **Pasívna imerzia:** Hlavnou interakciou je voľné rozhliadanie sa v 360-stupňovom prostredí. Pacient nemusí nič ovládať ani hľadať. Modul je určený na čisté pozorovanie a relaxáciu.
- **Automatická zmena scény:** Videá sa môžu plynule prelínať alebo sa meniť po určitom časovom intervale (napr. každých 30 sekund), aby sa udržala sviežosť zážitku a zabránilo sa monotónnosti. Zmeny sú však vždy pomalé a jemné, aby nevyvolali úzkosť.
- **Žiadny tlak ani úlohy:** V module nie sú žiadne úlohy, ciele, body ani výzvy. Neexistujú žiadne interaktívne prvky, ktoré by si vyžadovali rozhodovanie alebo reakcie, čím sa minimalizuje akákoľvek kognitívna záťaž alebo potenciálna frustrácia.

- **Terapeutické možnosti:**

- **Zníženie úzkosti a relaxácia:** Ponorenie sa do pokojného a prirodzene pôsobiaceho prostredia, ako je les alebo príroda, preukázateľne znižuje celkový stres a úzkosť. Tento modul využíva silu vizuálnej a akustickej imerzie na navodenie stavu hlbokoj relaxácie, čo priamo vedie k zníženiu fyziologických prejavov úzkosti, ako je zrýchlený srdcový tep alebo napätie svalov. Virtuálny zážitok je navrhnutý tak, aby simuloval prítomnosť v prírode s maximálnou vernosťou, čo podporuje prirodzené upokojujúce reakcie organizmu.
- **Odklonenie pozornosti:** Pre pacientov s úzkosťou je kľúčové mať k dispozícii efektívne nástroje na odklonenie pozornosti od cyklických a rušivých myšlienok, ktoré často živia úzkostné stavy. Pútavejší a upokojujúci vizuálny a zvukový zážitok v tomto module efektívne odvádza pozornosť od vnútorných nepokojov a poskytuje duševný odpočinok. Vytvára priestor, kde sa myseľ môže sústrediť na príjemné a neutrálne podnety, namiesto na spúšťače úzkosti.
- **Stimulácia zmyslov v bezpečí:** Modul poskytuje bohatú senzorickú stimuláciu (zrak, sluch) priamo z prírody, avšak v absolútne bezpečnom a kontrolovanom prostredí VR. To znamená, že pacienti môžu zažiť všetky benefity prítomnosti v prírode – upokojujúce zvuky, scenérie – bez akýchkoľvek obáv z vonkajších spúšťačov úzkosti, ktoré by ich mohli v reálnom prostredí vystaviť nepríjemným situáciám alebo preťažiť ich zmysly.
- **Nácvik mindfulness a prítomnosti:** Hoci je zážitok v tomto module primárne pasívny, pokojné prostredie a pozornosť k detailom (napríklad pohyb listov, lúče svetla prenikajúce cez koruny stromov, alebo vlny narážajúce na breh) môžu výrazne podporiť nácvik mindfulness a sústredenia sa na prítomný okamih. Pacient sa učí vnímať okolie bez posudzovania, čo je kľúčová zručnosť pre zvládanie úzkosti a rozvoj duševnej pohody.
- **Východiskový bod pre diskusiu:** Pocity, emócie a reakcie pacienta na rôzne prírodné scenérie, ako aj jeho celkový zážitok z modulu, môžu slúžiť ako cenné východisko pre terapeutickú diskusiu. Terapeut môže na základe týchto informácií lepšie pochopiť pacientove preferencie, jeho zdroje pokoja a stability, alebo mu pomôcť objaviť metaforické prepojenia medzi virtuálnym zážitkom a reálnym životom, čo obohacuje terapeutický proces.

**Meranie progresu** - modul môže sledovať a zaznamenávať indikátory ako je celkový čas strávený v module, preferované typy scenérií, alebo dĺžka setu pri konkrétnych videách.

**Kontrolná záverečná otázka:** Pomohol Vám tento modul cítiť sa pokojnejšie a bezpečnejšie pri pozorovaní prírody?

## 2.4.8 Modul 8: Bezpečná zóna - Sociálna VR terapia

Tento modul je navrhnutý tak, aby pacientom so sociálnou úzkosťou poskytol bezpečný a plne kontrolovateľný priestor na tréning interakcií a postupnú desenzibilizáciu voči prítomnosti iných ľudí. Hlavným princípom modulu je posilnenie pocitu „agentnosti“ (vlastnej moci) prostredníctvom regulácie sociálneho tlaku priamo pacientom. Modul umožňuje prechod od pasívneho pozorovania až po aktívnu sociálnu interakciu v bežných životných situáciách (kaviareň, čakáreň, trieda), pričom pravidelne monitoruje mieru diskomfortu. Cieľom je nielen zvládnuť pobyt v dave, ale predovšetkým korigovať katastrofické očakávania pacienta (strach z odmietnutia alebo zosmiešnenia) prostredníctvom korektívnej skúsenosti v bezpečnom prostredí.



**Primárne zameranie** – VRET so zameraním na sociálnu úzkosť a nácvik sociálnych zručností

### Kľúčové aspekty modulu:

- **Prostredie:** Pacient sa ocitne v príjemnom, neutrálnom vstupnom priestore (napr. tichý park alebo prázdna predsieň), ktorý slúži na počiatočné upokojenie a ukotvenie. Z tohto bezpečného bodu sa následne presúva do vernej simulácie spoločenskej miestnosti – môže ísť o kaviareň, triedu alebo čakáreň u lekára. Tento priestor je spočiatku prázdny a tichý, aby si pacient zvykol na prostredie bez sociálneho tlaku. Atmosféra miestnosti je dynamická – osvetlenie a zvuková kulisa (šum vrapy, cinkanie riadu) sa automaticky prispôbujú alebo tlmia podľa toho, akú mieru záťaže si pacient zvolí, čím sa zabezpečuje, že prostredie nikdy nie je zahlcujúce, pokiaľ si to pacient nepraje.
- **Interaktivita a progres:**
  - **Plynulá regulácia davu:** Kľúčovým prvkom je možnosť pacienta (alebo terapeuta) v reálnom čase pridávať do miestnosti virtuálne postavy (avatary) – od úplne prázdnej miestnosti až po zaplnený priestor. Tým sa pacient učí, že úzkosť nerastie donekonečna a má nástroje na jej reguláciu.

- **Stupňovitá interakcia a neverbalita:** Modul rešpektuje potrebu postupnosti: 1. Pozorovanie (pacient je neviditeľný pozorovateľ), 2. Fyzická prítomnosť (pacient je v priestore, avatary ho registrujú pohľadom, ale neoslovujú), 3. Aktívna interakcia (reakcia na otázky). Dôraz sa kladie aj na neverbálnu komunikáciu (gestá, kývnutie), čo pomáha pacientom, ktorí majú problém hovoriť pod tlakom.
- **Monitorovanie diskomfortu a záchranná brzda:** Systém pravidelne overuje stav pacienta otázkou na vnútorný pokoj. Pri negatívnej odpovedi sa ponúkne aktivácia „upokojujúceho režimu“ – okamžitá redukcia počtu ľudí, stlmenie zvukov a spustenie vizuálnej pomôcky na dýchanie („dýchajúca guľa“), prípadne návrat do vstupnej bezpečnej zóny.
- **Terapeutické možnosti:**
  - **Korekcia katastrofických očakávaní:** Pacient zisťuje, že ani pri „chybe“ v interakcii alebo pri prejave úzkosti nedochádza k výsmechu či odmietnutiu zo strany avatarov (reakcie sú neutrálne až vľúdne).
  - **Odbúravanie zabezpečovacieho správania:** V pokročilých fázach je pacient dizajnom modulu motivovaný, aby postupne opustil bezpečnú vzdialenosť a pohyboval sa voľne v priestore, čím sa buduje skutočná odolnosť, nie len vyhýbanie sa.
  - **Posilnenie sociálnej kompetencie:** Možnosť samostatne trénovať sociálne mikro-zručnosti (napr. očný kontakt, pozdrav, objednanie si) bez rizika reálnych sociálnych následkov.
  - **Expozícia in vivo s poistkou:** Virtuálna realita slúži ako bezpečný nácvikový most k reálnemu svetu. Pacient si tu testuje svoje reakcie a učí sa aplikovať relaxačné techniky (dýchanie) priamo počas stresovej situácie.

**Meranie progresu** - modul môže sledovať maximálnu hustotu davu (počet avatarov), dĺžku zotrvania v očnom kontakte, čas strávený v aktívnej interakcii a redukciu potreby používania „záchrannej brzdy“ v čase.

**Kontrolná záverečná otázka:** Pomohol Vám tento modul cítiť sa istejšie a pokojnejšie v spoločnosti ľudí?

### 3 Prvotná implementácia vybraných modulov

Táto kapitola opisuje technickú realizáciu prvých pilotných modulov systému DIGIMENT. Vývoj prebiehal v prostredí Unity Engine 6000.0 s cieľom zabezpečiť plnú kompatibilitu a optimalizáciu pre headsety PICO VR. Pri implementácii bol kladený dôraz na stabilitu snímkovej frekvencie (frame rate), vizuálnu konzistenciu a intuitívne ovládanie.

#### 3.1 Softvérová architektúra a implementované komponenty

Vývoj prebiehal v súlade s navrhovanou komponentovou architektúrou systému DIGIMENT. Nasledujúca tabuľka mapuje kľúčové architektonické bloky na ich konkrétnu technickú realizáciu, ktorá bola použitá pri tvorbe pilotných modulov.

| Architektonický komponent | Implementácia v Unity                         | Popis funkcie a zodpovednosti                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| VR Toolkit                | XR Interaction Toolkit + PICO SDK             | Základná vrstva pre komunikáciu s hardvérom. Rieši fyzický pohyb hráča (teleport/pohyb) a interakciu s objektmi (uchopenie, UI pointer).                                                                                                                           |
| Scene Manager             | Custom C# Scripts (Game Logic)                | „Mozog“ aplikácie. Riadi stavy scény ( <i>Intro</i> , <i>Gameplay</i> , <i>Evaluation</i> ), spravuje hernú logiku (napr. počítadlo rýb, odomykanie indícií).                                                                                                      |
| Content Player            | Media Controller (C# Wrapper)                 | Nadradený riadiaci komponent, ktorý koordinuje prehrávanie multimédií. Prikazuje Video Playeru a Audio Spatializeru, čo a kedy majú prehrať (napr. spustí naratívnu stopu po vstupe do zóny).                                                                      |
| Audio Spatializer         | Unity Audio Spatializer                       | Zabezpečuje realistické 3D ozvučenie. Realizuje priestorové výpočty zvuku v reálnom čase, vďaka čomu pacient presne lokalizuje smer zvuku (napr. šplechnutie vody), čo zvyšuje imerziu.                                                                            |
| Video Player              | Unity Video Player + OpenXR Composition Layer | Špecializovaný komponent na prehrávanie 360° videa vo vysokom rozlíšení. Využitie <b>OpenXR Composition Layer</b> umožňuje obísť štandardný renderovací cyklus enginu a posielat' obraz priamo na displej headsetu, čím sa eliminuje skreslenie a zvyšuje ostrosť. |
| Content Storage           | Unity Addressables System                     | Systém na správu a načítavanie assetov. Umožňuje asynchrónne nahrávanie ťažkých dát (videá, modely) do pamäte len vtedy, keď sú potrebné, čím optimalizuje výkon aplikácie na mobilnom čipsete.                                                                    |

## 3.2 Prehľad assetov, shaderov a materiálov

V nasledujúcich tabuľkách uvádzame detailný zoznam použitých materiálov, 3D modelov a shaderov. Tieto komponenty tvoria základný stavebný blok vizuálnej stránky implementovaných modulov.

| Názov materiálu                                 | Popis a funkcia                                                                               |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Bark</b>                                     | Povrch kôry stromov využívaný pri vegetácii (obsahuje diffuse, normal a roughness mapy).      |
| <b>Clouds / Clouds 1 / Clouds 2</b>             | Sada materiálov pre vrstvené vykresľovanie oblohy a parallax efekt oblakov.                   |
| <b>Concrete (Dark Blue / Grey / Light Blue)</b> | Variácie betónových povrchov pre mestské alebo štrukturálne prvky.                            |
| <b>Controller_Grey / White</b>                  | Materiály pre vizualizáciu VR ovládačov v scéne.                                              |
| <b>fish_vertex_color</b>                        | Optimalizovaný materiál pre ryby využívajúci vertex farby namiesto náročných textúr.          |
| <b>FresnelHighlight</b>                         | Materiál pre zvýraznenie okrajov objektov, využívaný pri interakcii (zameraní).               |
| <b>Grass_01 / WindGrass</b>                     | Materiály pre vegetáciu; <i>WindGrass</i> obsahuje logiku pre simuláciu pohybu vetra.         |
| <b>Ground / Ground_01</b>                       | Základné materiály pre terénne vrstvy (zem, hlina).                                           |
| <b>Interactable</b>                             | Špeciálny materiál pre interaktívne objekty s glow efektom a maskou pre zvýraznenie.          |
| <b>Leaves / Leaves 2</b>                        | Materiály pre lístie stromov a kríkov s podporou alpha kanálu (priehľadnosti).                |
| <b>MainMenuRybarcenieSky / StupanieSky</b>      | Skybox materiály definujúce atmosféru a svetelné podmienky konkrétnych scén.                  |
| <b>Rock / Stone</b>                             | Detailné textúry pre skalné útvary a kamene.                                                  |
| <b>TeleportArea / Anchor / Sitting</b>          | Vizuálne indikátory pre navigačný systém (teleport zóny a kotviace body).                     |
| <b>TerrainLit_Custom</b>                        | Kľúčový materiál pre terén, optimalizovaný pre VR rendering (redukcia draw calls).            |
| <b>TunnellingVignette / SG</b>                  | Materiály pre komfortný efekt ("tunelové videnie") pri pohybe na redukcii kinetózy.           |
| <b>Water / Water 1</b>                          | Materiály vodnej hladiny s animáciou, penou a odrazmi; <i>Water 1</i> je zjednodušená verzia. |

|                  |                                                                                   |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>WoodAtlas</b> | Atlas textúr pre rôzne drevené objekty (lavičky, prístrešky) pre šetrenie pamäte. |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|

| Názov modelu                         | Popis a funkcia                                                              |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| <b>big_rock_1, big_rock_2</b>        | Dominantné skalné útvary tvoriace bariéry a reliéf.                          |
| <b>Rock_1 až Rock_5</b>              | Menšie skaly pre detailizáciu terénu a doplnenie vizuálnej komplexity.       |
| <b>tree_1 až tree_4</b>              | Variabilné modely stromov pre vytvorenie prirodzeného a nepravidelného lesa. |
| <b>grass_1, grass_2, grass_model</b> | Trsy trávy pre pokrytie terénu, využívané pre „foliage painting“.            |
| <b>cloud_1</b>                       | Billboard model pre objemové mraky na oblohe.                                |
| <b>fish_1, fish_2, fish_3</b>        | Low-poly modely rýb s rôznou morfológiou a farebnosťou.                      |
| <b>tourist_shelter</b>               | Model dreveného prístrešku, ktorý slúži ako cieľový bod cesty.               |
| <b>log_bench, log_table</b>          | Oddychové zóny (lavička, stôl) rozmiestnené v prostredí.                     |
| <b>pergamen</b>                      | Interaktívny predmet (rolka papiera) pre zberateľskú mechaniku.              |
| <b>UniversalController</b>           | Virtuálny model ovládača v rukách používateľa.                               |
| <b>Reticle_Torus</b>                 | 3D kurzor v tvare torusu pre zameriavanie (gaze-based interaction).          |
| <b>TunnellingVignetteHemisphere</b>  | Geometria (pologuľa) používaná pre aplikáciu efektu zúženého videnia.        |

| Názov shaderu         | Popis a funkcia                                                                                      |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Water / Water2</b> | Simulácia kvapaliny, pohybu vln a peny na hladine jazera.                                            |
| <b>WindGrass</b>      | Vertex displacement shader pre animáciu trávy reagujúcu na virtuálny vietor.                         |
| <b>Clouds</b>         | Rendering oblačných billboardov s podporou priehľadnosti.                                            |
| <b>ShadedBaked</b>    | Výkonný shader pre statické objekty využívajúci predpočítané osvetlenie (lightmaps).                 |
| <b>Interactable</b>   | Shader pre interaktívne objekty, podporuje <i>highlight</i> a <i>rim lighting</i> (osvetlenie hrán). |

|                               |                                                                                             |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Unlit_Fresnel</b>          | Fresnelov efekt bez potreby svetelného zdroja, pre čisté a jasné zvýraznenie.               |
| <b>UI-NoZTest</b>             | UI shader, ktorý ignoruje hĺbkový test – prvky sú vždy vykreslené "nad" ostatnými objektmi. |
| <b>TMP_Bitmap / -Mobile</b>   | TextMeshPro shadery pre ostré písmo, optimalizovaná verzia pre mobilné GPU.                 |
| <b>TunnelingVignette / SG</b> | Kľúčové shadery pre redukciu zorného poľa pri pohybe (anti-motion sickness).                |
| <b>VertexColor</b>            | Základný shader čítajúci farby priamo z dát 3D modelu (mesh), ideálny pre low-poly štýl.    |



Obrázok 2

### 3.3 Modul 1: Stúpanie do kopca vo VR

#### Vizuálne spracovanie a prostredie

Virtuálna scéna (viď Obrázok 2), predstavuje komplexné horské prostredie navrhnuté tak, aby v používateľovi evokovalo pocit výzvy, no zároveň bezpečia. Pre dosiahnutie vysokej vizuálnej vernosti na mobilnom čipsete bolo nutné použiť špecializované renderovacie techniky:

- **Terén a textúrovanie:** Základom je geometria terénu, na ktorú je aplikovaný custom shader `TerrainLit_Custom`. Tento shader bol optimalizovaný tak, aby efektívne miešal (splatting) viacero vrstiev povrchov – od hlinitej zeme (`Ground_01`) až po detailné skalnaté povrchy (`rock030`) s využitím normálových máp, čo eliminuje vizuálnu plochosť pri pohľade zblízka.
- **Dynamická vegetácia:** Statickosť prostredia, ktorá je častým problémom VR aplikácií, bola potlačená implementáciou procedurálne rozmiestnených stromov (`tree_1` až `tree_4`) a kríkov.

Trávnaté plochy využívajú shader WindGrass s vertexovou animáciou, ktorá simuluje jemný pohyb vetra, čím sa zvyšuje uveriteľnosť sveta bez nároku na výkon procesora.

- **Atmosféra:** Pocit priestorovosti a monumentálnosti hôr je dosiahnutý kombináciou skyboxu MainMenuStupanieSky a globálneho efektu oparu (*haze*). Tento efekt plní dvojitú funkciu – esteticky zjednocuje farebnú paletu scény a technicky maskuje hranicu vykresľovania (*draw distance*), čo šetrí výpočtový výkon.



Obrázok 3 – Zdvihnutie indície



Obrázok 4 – výber preddefinovaného bodu pre teleportáciu

## Interakcia a herná logika

- **Pohyb a kolízie:** Kamera je plne riadená prostredníctvom head-tracking systému PICO. Pre pohyb v teréne bol zvolený systém teleportácie cez preddefinované body (Teleport Anchors). Tento mechanizmus umožňuje pacientovi bezpečne prekonávať strmé úseky presunom na fixné, dizajnérom určené stanovištia (vyznačené vizuálnym indikátorom TeleportArea). Fyzický pohyb a interakcie sú simulované prostredníctvom kolízneho systému Unity, ktorý vyhodnocuje stret hráča s prekážkami v teréne.

- **Haptická odozva:** Pre posilnenie pocitu "tu a teraz" (presence) bola integrovaná vibračná odozva ovládačov. Tá sa aktivuje v kľúčových momentoch, konkrétne pri úspešnom zdvihnutí indície – modelu pergamen. Indícia je pre lepšiu viditeľnosť ošetrovaná materiálom s shaderom Interactable, ktorý vytvára jemný svetelný obrys (*rim light*).
- **Audio:** Zvuková zložka využíva spatial audio systém Unity. Jednotlivé zóny (les, vrchol, údolie) majú definované 3D zvukové emitory, ktoré reagujú na polohu hráča, čím dotvárajú 360-stupňovú zvukovú mapu prostredia.

### Technické špecifiká a optimalizácia

Cieľom implementácie je umožniť používateľom zažiť proces postupného prekonávania prekážok v kontrolovanom VR prostredí. Optimalizácia pre PICO zariadenie zahŕňa:

- **Rendering:** Agresívna redukcia počtu *draw calls* a optimalizácia LOD (Level of Detail) pre modely vzdialených stromov a skál.
- **Foveated Rendering:** Implementácia techniky, ktorá vykresľuje stred zorného poľa vo vysokom rozlíšení a perifériu v nižšom (ak je podporované headsetom).
- **Komfort:** Pre minimalizáciu kinetózy pri pohybe bol nasadený shader TunnelingVignetteSG.

### Zapojenie komponentov

- **VR Toolkit (XR Interaction Toolkit):** Zabezpečuje fyzický pohyb hráča terénom prostredníctvom systému Teleportation Provider (presun medzi kotviacimi bodmi) a realizuje bezdotykovú interakciu s indíciami pomocou XR Ray Interactor.
- **Scene Manager:** Riadi logiku graduálnej expozície – vyhodnocuje hráčov postup, kontroluje splnenie podmienok v danej výškovej úrovni a na základe toho odomyka ďalšie navigačné body (Teleport Anchors).
- **Content Storage (Addressables):** Zabezpečuje optimalizované načítanie textových a obrazových dát konkrétnej indície z pamäte až v momente interakcie, čím šetrí systémové zdroje.
- **Audio Spatializer:** Vytvára priestorovú zvukovú kulisu (vietor, príroda) a poskytuje okamžitú zvukovú odozvu pri úspešnom označení indície.

#### 3.3.1 Možnosti rozšírenia modulu – Pokročilá lokomócia a pohybové aktivity

Modul v súčasnej podobe využíva systém checkpointov, ktorý poskytuje stabilný a bezpečný spôsob navigácie v prostredí VR. Pre budúci vývoj sa však otvára priestor pre pridanie dynamickejších spôsobov pohybu, ktoré umožnia používateľovi aktívnejšie zapojiť hornú časť tela, zvýšiť angažovanosť a priblížiť zážitok k reálnemu fyzickému výkonu – avšak stále v rámci bezpečných hraníc VR. Medzi najperspektívnejšie možnosti považujeme:

- **Hamster-ball locomotion** pracuje s predstavou, že používateľ vykonáva rotujúce kruhové pohyby rukami pred telom, pričom systém na základe rýchlosti a amplitúdy týchto pohybov plynulo posúva postavu dopredu. Ide o veľmi stabilnú formu VR lokomócie, ktorá nenaruša rovnováhu, minimalizuje riziko kinetózy a zároveň ponúka zaujímavú fyzickú aktivitu bez

potreby reálnej chôdze. Tento spôsob je vhodné implementovať najmä v menej náročných častiach výstupu, kde môže používateľ plynule „kráčať“ pomocou rúk a zároveň si udržiavať pocit kontroly nad pohybom.

- **Arm-swing locomotion** je prirodzenejšou alternatívou, ktorá simuluje chôdzu prostredníctvom striedavého kývania rúk. Každý pohyb ruky smerom dozadu predstavuje virtuálny krok vpred, čo vytvára rytmický a intuitívny spôsob presunu. Je to mechanizmus blízky bežnej motorike, a preto je vhodný pre široké spektrum používateľov vrátane tých, ktorí nie sú zvyknutí na VR. V kontexte modulu môže byť arm-swing využitý najmä v rovných alebo mierne stúpajúcich úsekoch, kde podčiarkuje dojem prirodzenej chôdze, no zároveň zachováva plnú bezpečnosť.
- Ako doplnkovú pohybovú aktivitu je možné zaradiť aj **virtuálny skok cez prekážku**, ktorý nevyžaduje reálne vyskočenie. Používateľ by len rýchlo zdvihol ruky smerom nahor, čo by systém rozpoznal ako signál na aktiváciu krátkeho automatizovaného skoku. Tento jednoduchý gestický prvok môže obohatiť modul o dynamickejší moment a posilniť pocit prekonávania prekážok či menších výziev bez akéhokoľvek rizika fyzického pádu alebo straty stability.

V budúcnosti by bolo možné tieto tri formy lokomócie kombinovať do voliteľných režimov, ktoré by pacient alebo terapeut mohol zvoliť ešte pred začiatkom sedenia – od úplne pasívneho režimu s checkpointami až po aktívnejšie varianty s hamster-ball či arm-swing pohybmi. Takýto prístup by poskytol flexibilitu prispôbenú fyzickým možnostiam aj terapeutickým cieľom sedenia a umožnil by jemné zapojenie tela, ktoré môže mať pozitívny vplyv na motiváciu a celkový emočný zážitok z výstupu.

## 3.4 Modul 2: Rybárčenie vo VR

### Vizuálne spracovanie a prostredie

Na rozdiel od realistického prvého modulu, modul Rybárčenie využíva štylizovanú **low-poly estetiku** (viď Obrázok 5). Toto rozhodnutie nebolo len umelecké, ale primárne funkčné – vizuálna jednoduchosť znižuje kognitívnu záťaž pacienta a umožňuje mu plne sa sústrediť na relaxačnú aktivitu bez rušivých detailov.

- **Low-Poly a Vertex Colors:** Scéna je komponovaná z modelov s ostrou geometriou bez použitia klasických textúr. Namiesto nich sa využíva shader VertexColor (napr. materiál fish\_vertex\_color), ktorý číta farebné informácie priamo z bodov (vertexov) modelu. Tento prístup zaručuje, že obraz je dokonale ostrý aj pri vysokom rozlíšení displejov PICO a zároveň extrémne šetrný k pamäti GPU.
- **Simulácia vody:** Dominantným prvkom scény je jazero. Pre jeho vykreslenie bol použitý custom shader Water (a jeho odľahčená verzia Water2 pre vzdialené plochy). Shader simuluje procedurálne vlnenie hladiny, hĺbkovú absorpciu svetla a automatické generovanie peny na styku s brehom, čo vytvára hypnotický a upokojujúci vizuálny efekt.
- **Osvetlenie:** Pre statické objekty (mólo, kamene, stromy v pozadí) bola využitá technika *baked lighting* so shaderom ShadedBaked. Svetlo a tieň sú "zapečené" do lightmáp, čo eliminuje potrebu náročných výpočtov tieňov v reálnom čase a prispieva k stabilite snímkovania.



Obrázok 5 – Rybárčenie vo VR, priestorové rozloženie scény

### Interakcia a herná logika

Herný mechanizmus je zámerne minimalistický a založený na reakcii a presnosti zamerania (viď Obrázok 6).

- **Mechanika lovu:** Používateľ stojí na móle a drží virtuálny ovládač (UniversalController), ktorý slúži ako raycast pointer. V momente, keď ryba vyskočí z vody, je úlohou hráča namieriť na ňu a stlačiť tlačidlo.
- **Detekcia:** Systém využíva raycast. Ak lúč pretne objekt, ktorý má priradený komponent implementujúci interface ICatchable, shader Interactable objekt zvýrazní.
- **Spätná väzba:** Po stlačení spúšte sa aktivuje animácia pritiahnutia a ryba zmizne (resp. sa deaktivuje). Systém následne inkrementuje počítadlo úlovkov.
- **Ukončenie:** Cieľom je chytiť 10 rýb. Po dosiahnutí tohto počtu sa zobrazí gratulácia prostredníctvom UI prvku využívajúceho shader TMP\_Bitmap-Mobile pre maximálnu čitateľnosť textu.



Obrázok 6 - Mechanika lovu



Obrázok 7 – Ukončenie

### Technické špecifiká a optimalizácia

- **Object Pooling:** Aby sa predišlo zaťaženiu procesora (Garbage Collection spikes) pri neustálom vytváraní a ničení objektov rýb, bol implementovaný *Object Pooling*. Scéna obsahuje fixnú sadu modelov (fish\_1, fish\_2, fish\_3), ktoré sa cyklicky aktivujú (výskok) a deaktivujú (ponorenie), namiesto toho, aby boli ničené.
- **Rozhrania:** Logika interakcie je postavená na vami definovanom C# interface ICatchable. To umožňuje systému univerzálne pracovať s akýmkoľvek objektom, ktorý sa má dať chytiť.
- **Výkon:** Počet aktívnych dynamických objektov je limitovaný (< 30) a využíva sa static batching, čo zabezpečuje stabilných 72–90 FPS.

### Zapojenie komponentov

- **VR Toolkit (XR Interaction Toolkit):** Spracováva vstupy z ovládača (poloha, rotácia) a prostredníctvom XR Ray Interactor deteguje presné zameranie na cieľový objekt (rybu).
- **Scene Manager:** Spravuje počítadlo skóre, vyhodnocuje podmienky víťazstva (chytenie 10 rýb) a komunikuje s interface-om ICatchable pre validáciu úlovku. Zodpovedá za efektívnu správu inštancií rýb.
- **Audio Spatializer:** Zabezpečuje priestorovú orientáciu pacienta prehrávaním zvuku šplechnutia presne na 3D súradniciach, kde došlo k udalosti.

#### 3.4.1 Možnosti rozšírenia modulu - Podpora motivácie a udržania pozornosti

Modul poskytuje pokojný, nenáročný relaxačný zážitok, ktorý je vhodný pre krátkodobé VR sedenia. Hoci prostredie svojím minimalistickým spracovaním dobre podporuje uvoľnenie a sústredenie, ukazuje sa, že pre niektorých používateľov môže byť zážitok vzhľadom na svoju jednoduchosť príliš krátky alebo monotónny. To môže znižovať motiváciu zotrvať v scéne dlhšie ako len niekoľko minút. Nasledujúce návrhy rozšírení preto predstavujú možnosti, ako

zážitok obohatiť, prehĺbiť a urobiť dlhodobo udržateľnejším, pričom jeho relaxačný charakter ostáva zachovaný:

- **Prehľbovanie relaxačného zážitku** - rozšírenia v tejto oblasti sa zameriavajú na prehĺbenie atmosféry a celkového ponoru používateľa do prostredia. Dôležitým prvkom môže byť zavedenie jemného hlasového sprievodcu, ktorý by ponúkal krátke dýchacie cvičenia, nenásilné mindfulness pokyny alebo povzbudzujúci komentár po úspešnom chytení ryby. Tieto inštrukcie by boli voliteľné a v prípade potreby úplne vypnutelné, aby používatelia, ktorí preferujú ticho, neboli rušení. Ďalším spôsobom, ako posilniť relaxačný zážitok, sú nenápadné zmeny denného cyklu či prostredia — napríklad prechod z ranného svetla do podvečerného odtieňa, jemná hmla nad hladinou či pokojná nočná atmosféra s hviezdou oblohou a lampášmi na brehu. Tieto premeny pomáhajú udržať pozornosť a poskytujú pocit prirodzene plynúceho času. Celkovú atmosféru môže ešte obohatiť aj ambientná dynamika prostredia, ako sú jemné vlny na hladine, príležitostné skoky rýb mimo hernej zóny alebo vtáky prelietavajúce v diaľke. Takéto drobné podnety dodávajú scéne život a prirodzenosť bez toho, aby narušili jej upokojujúci charakter.
- **Motivácia k zotrvaní v prostredí** - motivácia zostať v scéne dlhší čas môže byť podporená nenápadnou variabilitou v samotnom rybárskom mechanizme. Jednou z možností je zaviesť rôzne druhy rýb s odlišnou frekvenciou výskytu alebo obtiažnosťou chytania — od malých a rýchlych až po väčšie ryby, ktoré vyžadujú o niečo dlhší „ťah“ pri pritiahnutí. Objavenie zriedkavej ryby môže pôsobiť ako jemný motivačný prvok bez toho, aby modul získal herný charakter. K tomu môžu prispieť aj občasná mikroudalosti, ktoré sa objavujú len sporadicky — napríklad unikátna ryba, špecifický svetelný efekt, motýľ pristávajúci pri brehu alebo list padajúci na hladinu. Ide o malé prekvapenia, ktoré podporujú zvedavosť a pozornosť, no stále zachovávajú pokojnú atmosféru. Tento aspekt možno doplniť aj jemným progresovým prvkom, ktorý nefunguje ako tradičný „leveling“, ale skôr ako vizuálny záznam zážitku — napríklad album ulovených rýb, sledovanie celkového počtu úlovkov v rámci jedného sedenia alebo odomykanie farebných variácií prostredia. Tieto mechanizmy pomáhajú používateľovi cítiť postup aj v rámci pasívnej aktivity, a tým podporujú zotrvanie v scéne a opakované používanie modulu.
- **Kognitívne a terapeutické rozšírenia** - tretia oblasť rozšírení sa sústreďuje na zapojenie jemných kognitívnych a terapeutických techník, ktoré môžu podporiť psychickú pohodu pacienta. Po úspešnom chytení ryby sa tak môže zobrazíť krátky nenásilný text, ktorý podnecuje pozitívne myslenie — napríklad jednoduché slová ako „calm“, „breathe“, „focus“ alebo krátke podporujúce tvrdenie. Takéto mikrointervencie môžu posilniť terapeutický účinok modulu bez toho, aby vyžadovali sústredenú kognitívnu aktivitu. Okrem toho môže byť modul prepojený aj s dychovými technikami, napríklad synchronizovaním výskoku rýb s tempom dýchania, podporou dlhšieho výdychu alebo sledovaním rytmu vln ako vizuálneho ukotvenia pre relaxačný proces. Celý zážitok možno obohatiť aj o nenáročné mini-aktivity, ktoré si nevyžadujú výkon, ale podporujú jemnú všímavosť — napríklad sledovanie krúžkov vytvorených dopadom kvapky na hladinu alebo pozorovanie drobných pohybov vody. Tieto doplnky zostávajú voliteľné a slúžia najmä na to, aby sa pacient mohol v prostredí uvoľniť hlbším spôsobom.

## 4 Finálna implementácia

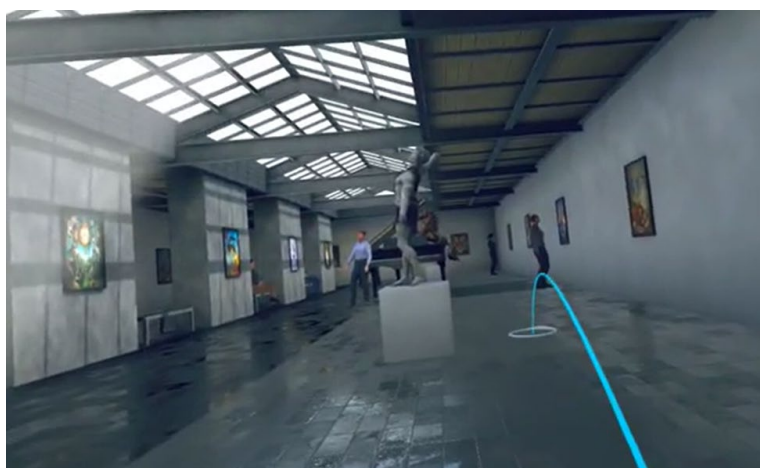
Vo finálnej implementácii sme zmenili cieľové zariadenie z pôvodne plánovaného Pico 4 na Meta Quest 3S. Hlavným dôvodom tohto rozhodnutia bol výhodnejší pomer ceny a lepšej kvality zobrazenia. V prípade modulov 1 a 2 bol prechod plynulý a vyžiadal si iba zmenu príslušného XR pluginu a drobné prispôsobenie interakcií. Opis implementácie zvyšných modulov (3 až 7) je uvedený nižšie v jednotlivých podkapitolách.

### 4.1 Modul 3: Galéria vo VR

Tento modul predstavuje spoločenskú a edukačnú umeleckú galériu, ktorá slúži na rozvoj všímvosti (mindfulness), stimuláciu estetických preferencií a redukciu úzkosti. Spája voľné objavovanie vizuálneho prostredia s interaktívnou postavou.

Hlavné funkcie:

- Interaktívna postava (TalkingGirl): Postava sprievodkyne reaguje na prítomnosť hráča prostredníctvom detekcie vzdialenosti a smeru pohľadu (dot product threshold), plynule sa otáča k hráčovi a interpretuje nahrávku (julia\_warm\_2.mp3).
- Visual Reveal Grid & Teleportation: Podlaha galérie využíva špeciálny shader (GridReveal.shadergraph), ktorý dynamicky odhaľuje navigačnú mriežku (\_RevealCenter, \_RevealRadius) pod Raycastom ovládača a spája vizuálnu odozvu s teleportáciou.
- Procedurálna rozmanitosť vzhľadu: Využíva MaterialPropertyBlock na pridelovanie unikátnych UV častí textúrového atlasu jednotlivým modelom (RandomUniqueUVAtlasURP.cs) a persistenčne si pamätá variácie vzhľadu prostredníctvom PlayerPrefs.



#### 4.1.1 Prehľad assetov, shaderov a materiálov

| Názov modelu (súboru)                                                                                                                                             | Popis a funkcia v module                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>gallery_geometry.fbx</b>                                                                                                                                       | Hlavný architektonický mesh priestoru galérie (steny, podlahy, výklenky a stropy).                |
| <b>bench.fbx</b>                                                                                                                                                  | Lavičky rozmiestnené v galérii umožňujúce pasívny odpočinok a pozorovanie diel.                   |
| <b>horse_statue.fbx</b>                                                                                                                                           | Modely sochárskych diel koňa dotvárajúce umeleckú atmosféru prostredia.                           |
| <b>man_statue.fbx</b>                                                                                                                                             | Klasické sochárske diela mužských postáv vystavené v galérii.                                     |
| <b>piano.fbx</b>                                                                                                                                                  | Modely krídla/piana pre dotvorenie estetického a kultúrneho zážitku.                              |
| <b>TalkingGirl.fbx</b>                                                                                                                                            | Hlavná interaktívna postava sprievodkyne s vlastnou animáciou a audio logikou hovoru.             |
| <b>Dude1 Final Export.fbx</b><br><b>Dude2 Final Export.fbx</b><br><b>Dude3 Final Export.fbx</b><br><b>Woman_1.fbx</b><br><b>Woman_2.fbx</b><br><b>Woman_3.fbx</b> | Zdieľané SkinnedMesh postavy návštevníkov galérie vytvárajúce prirodzenú kulisu prítomnosti ľudí. |
| <b>VolumetricLight.fbx</b>                                                                                                                                        | Geometrický kužeľ slúžiaci ako podklad pre volumetrický rendering osvetlenia umeleckých diel.     |

| Materiál (.mat)          | Priradený Shader       | Funkcia a použitie v scéne                                                                           |
|--------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>FreeWalkGrid.mat</b>  | GridReveal.shadergraph | Špeciálny efektový materiál podlahy, ktorý dynamicky zobrazuje mriežku okolo Raycastu/kurzorú hráča. |
| <b>SkyboxGallery.mat</b> | Unity Built-in Skybox  | Panoramatické pozadie exteriéru za oknami galérie.                                                   |

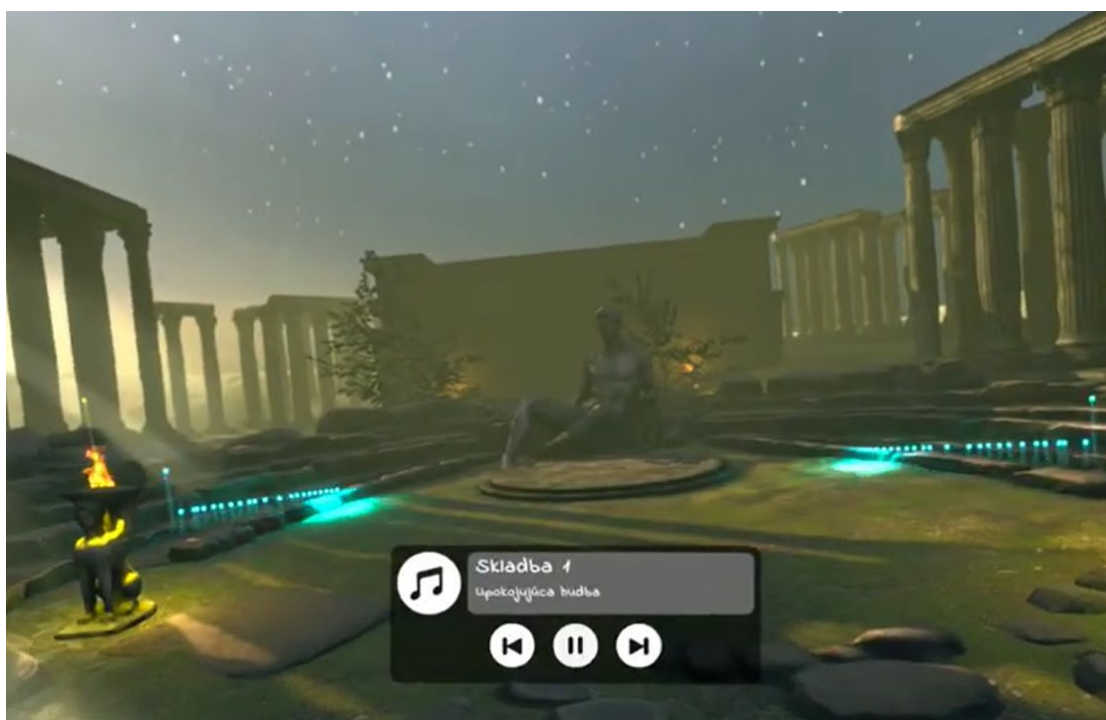
|                                    |         |                                                                                     |
|------------------------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>statuesHorse.mat</b>            | URP Lit | Štandardný osvetlený materiál pre sochy so zachovaním fyzikálneho renderingu (PBR). |
| <b>Woman_1_ClothingVariant.mat</b> | URP Lit | Materiál oblečenia postáv podporujúci dynamickú zmenu farebných variantov.          |

| Prefab / Skript                                              | Typ                  | Funkcia v module                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Woman_1_Prefab.prefab</b><br><b>Woman_2_Prefab.prefab</b> | Prefaby<br>Postáv    | Konfigurované NPC postavy so spustenou náhodnou animáciou idle stavov.                                                                                                 |
| <b>CameraFade.prefab</b>                                     | Prefab Efektu        | Zabezpečuje plynulé zatmievanie a rozotmievanie obrazovky pre prevenciu cybersickness pri teleportácii.                                                                |
| <b>InGameMenu.prefab</b>                                     | UI Prefab            | Systémové menu pre pauzu alebo návrat do úvodnej aplikácie.                                                                                                            |
| <b>UIButton.prefab</b>                                       | UI Prefab            | Rozhranie tlačidiel prispôbené pre VR interakciu.                                                                                                                      |
| <b>Player.prefab</b>                                         | VR Player<br>Rig     | Hráčsky objekt vrátane VR kamery, sledovania hlavy a ovládačov.                                                                                                        |
| <b>TalkingGirl.cs</b>                                        | Core Logic<br>Skript | Riadi chovanie sprievodkyne – výpočet pohľadu (dot product), rotácia na hráča, spúšťanie zvuku julia_warm_2.mp3 a prepínanie stavu Animator komponentu.                |
| <b>GridRevealController.cs</b>                               | Core Logic<br>Skript | Posiela dáta Raycastu do shaderu FreeWalkGrid.mat (_RevealCenter, _RevealRadius), riadi korutínu animácie reveal efektu a preája interakciu s TeleportationController. |
| <b>RandomUniqueUVAtlasURP.cs</b>                             | Utilitný skript      | Mení UV mapovanie cez MaterialPropertyBlock (_BaseMap_ST) pre odlišný vzhľad objektov bez nárokov na extra materiály. Ukladá indexy cez PlayerPrefs.                   |
| <b>AnimationRandomizer.cs</b>                                | Shared Skript        | Náhodne obmieňa idle animácie NPC zákazníkov/návštevníkov.                                                                                                             |
| <b>MaterialColorRandomizer.cs</b>                            | Shared Skript        | Náhodne zafarbuje materiály oblečenia postáv pri štarte.                                                                                                               |

|                                   |               |                                                         |
|-----------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------|
| <b>TeleportationController.cs</b> | Shared Skript | Riadi bezpečnú teleportáciu hráča po priestore galérie. |
|-----------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------|

## 4.2 Modul 4: Amfiteáter v Prírode vo VR

Tento modul predstavuje interaktívne prostredie amfiteátra v prírode, ktoré spája prvky auditívnej a vizuálnej terapie. Je určený na pasívnu aj aktívnu relaxáciu, tréning všímanosti a redukciu úzkosti či stresu u pacientov, pričom jadro interakcie pozostáva z ovládání – prepínání predpripravených audio súborov a pohybe po prostredí formou teleportácie.



### 4.2.1 Prehľad assetov, shaderov a materiálov

V nasledujúcich tabuľkách uvádzame detailný zoznam použitých materiálov, 3D modelov a shaderov.

| Názov modelu (súboru)                                                                                                | Popis a funkcia v module                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>auditorium_core_lp.fbx</b>                                                                                        | Základná low-poly štruktúra samotného amfiteátra. Vytvára hlavný architektonický priestor scény.                                      |
| <b>Forest_black_cherry_01_sf.FBX</b><br><b>Forest_black_cherry_02_sf.FBX</b><br><b>Forest_black_cherry_03_sf.FBX</b> | Rôzne varianty stromov (čerešňa/čierna čerešňa). Slúžia na dotvorenie prírodnej scenérie okolo amfiteátra a umocňujú pocit uvoľnenia. |

|                                |                                                                                                                                           |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>man_statue_lp.fbx</b>       | Low-poly model mužskej sochy. Dotvára estetiku a kultúrny nádych umeleckého prostredia.                                                   |
| <b>pillars_lp.fbx</b>          | Low-poly architektonické stĺpy. Ohraničujú priestor amfiteátra a pridávajú mu historický/antický charakter.                               |
| <b>sitting_platform_lp.fbx</b> | Sedacia plošina v hľadisku. Určuje miesta, kde si pacient môže sadnúť a sledovať prostredie.                                              |
| <b>stone_platform_lp.fbx</b>   | Kamenná plošina / pódium v centre amfiteátra. Slúži ako hlavný stredobod scény, odkiaľ vychádzajú efekty alebo rečnícky/hudobný priestor. |
| <b>thymiaterion_lp.fbx</b>     | Low-poly model kadidelnice (thymiaterion). Slúži ako vizuálny stojan pre efekt ohňa a častíc.                                             |
| <b>arrow_forward.fbx</b>       | 3D šípka ukazujúca smer navigácie. Pomáha pacientovi pri orientácii a pohybe po prostredí.                                                |
| <b>VolumetricLight.fbx</b>     | Špeciálny 3D mesh (kužeľ/valec) prispôbený pre rendering objemového (volumetrického) svetla dopadajúceho do scény.                        |

| <b>Materiál (.mat)</b>               | <b>Priradený Shader</b>           | <b>Funkcia a použitie v scéne</b>                                                              |
|--------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>AuditoriumTerrain.mat</b>         | URP TerrainLit                    | Materiál terénu a zeme v amfiteátri. Umožňuje miešanie textúr trávy, hliny a kameňa.           |
| <b>M_Forest_black_cherry.mat</b>     | URP Lit                           | Štandardný osvetlený materiál pre kôru a lístie stromov okolitej prírody.                      |
| <b>SkyboxAuditorium.mat</b>          | Unity Built-in Skybox (Panoramic) | Panoramatické pozadie oblohy/okolí. Vytvára dojem otvoreného prírodného priestoru.             |
| <b>VolumetricLightAuditorium.mat</b> | VolumetricLight.shader            | Vlastný Shader pre efekt svetelných lúčov (napr. slnečné lúče presvitajúce cez stromy/otvory). |

|                                |                          |                                                                                                            |
|--------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>AuditoriumParticle.mat</b>  | URP Particles Unlit      | Materiál pre neosvetlené magické/hudobné častice poletujúce v amfiteátri.                                  |
| <b>Flame03-hollow_16x4.mat</b> | URP Particles Unlit      | Materiál pre časticový efekt ohňa v kadidelnici (využíva 16x4 atlas textúru animácie plameňa).             |
| <b>Trail.mat</b>               | URP Particles Simple Lit | Materiál pre svetelné stopy (Trails), ktoré reagujú na pohyb častíc a sú jemne ovplyvnené svetlom v scéne. |

| Prefab / Skript                                                     | Typ              | Funkcia v module                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>InGameMenu.prefab</b>                                            | Prefab UI        | Hlavné ponukové menu priamo vo VR. Umožňuje pauzu, úpravu nastavení alebo návrat do úvodnej aplikácie.                                                                    |
| <b>CameraFade.prefab</b>                                            | Prefab Efektu    | Zabezpečuje plynulé zatmievanie a rozotmievanie obrazovky (Fade In / Fade Out) pri prechodoch medzi scénami alebo teleportácii pre zamedzenie nevoľnosti (cybersickness). |
| <b>UIButton.prefab</b>                                              | Prefab UI        | Štandardizované interaktívne tlačidlo pre 3D rozhranie vo VR prispôbené na stláčanie VR ovládačom.                                                                        |
| <b>ArrowForward.prefab</b>                                          | Prefab Navigácie | Vizuálna navigácia (3D šípka) umiestnená v priestore, ktorá smeruje pacienta k ďalšiemu bodu záujmu.                                                                      |
| <b>Player.prefab</b>                                                | Prefab Hráča     | Hlavný objekt reprezentujúci pacienta vo VR scéne. Obsahuje VR kameru, sledovanie hlavy a ovládačov (Rig).                                                                |
| <b>NavigationController.cs</b><br><b>TeleportationController.cs</b> | Shared Skripty   | Zabezpečujú logiku bezpečného pohybu po amfiteátri (teleportácia alebo plynulý pohyb) bez vyvolania kinetózy.                                                             |

|                                |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>MusicPlayer.cs</b>          | UI Logic Skript   | Prehrávač hudby napojený na Unity UI a TextMeshPro. Zobrazuje názov skladby, čas a umožňuje pacientovi/terapeutovi meniť či spúšťať skladby.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>ParticleMusicManager.cs</b> | Core Logic Skript | Srdce celého modulu. Zabezpečuje: <ul style="list-style-type: none"> <li>• FFT spektrálnu analýzu z AudioSource.GetSpectrumData (rozkladá audio na frekvencie cez Blackman okno).</li> <li>• Moduláciu častíc: Dynamicky zvyšuje emisiu, rýchlosť a veľkosť častíc podľa basov/výšok hudby.</li> <li>• Dynamické svetlá: Automaticky vytvára a riadi svetelné zdroje v scéne na základe rytmu hudby.</li> <li>• Animáciu oblohy: Mení parameter _Exposure v skyboxe, čím obloha jemne pulzuje do rytmu hudby.</li> </ul> |

#### 4.2.2 Technológie použité v module

Za účelom vytvorenia pohlcujúceho a ľahko ovládateľného prostredia pre pacientov boli v systéme implementované nasledujúce technické prvky a mechanizmy:

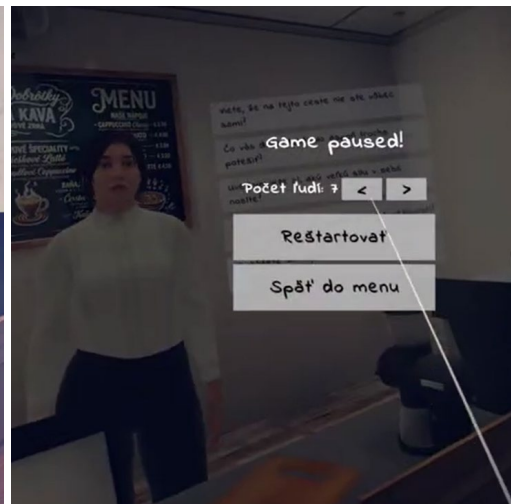
- Audio spektrálna analýza (FFT): Využitie algoritmickeho rozkladu zvukového signálu pomocou okna Blackman cez metódu AudioSource.GetSpectrumData na získanie real-time dát o frekvenciách prehrávanej skladby.
- Procedurálna vizualizácia častíc: Časticové systémy dynamicky prepojené s audio dátastreamom, čím sa dosahuje synchronizovaný vizuálny zážitok bez nutnosti ručného animovania.
- Real-time svetelná reakcia: Dynamické inšancovanie a úprava intenzity/farby svetelných komponentov v reálnom čase podľa hudobných pikov.
- Atmospheric Skybox Modulation: Plynulá zmena parametrov shaderu oblohy (\_Exposure) naviazaná na amplitúdu zvuku pre hlbšie ponorenie (imerziu) do prostredia.
- VR Interakcie & Spatial Audio: Rozhranie navrhnuté pre jednoduché ovládanie pacientov pomocou bezbezpečnostných 3D UI prvkov a priestorového zvuku.

### 4.3 Modul 5: Bezpečná zóna (virtuálna kaviareň)

Tento modul predstavuje interaktívnu interiérovú scenu kaviarne so sociálnou simuláciou, ktorá spája prvky behaviorálnej aktivácie, edukačnej interakcie a zvládania sociálnych situácií. Je navrhnutý ako nízko-stresové sociálne prostredie vhodné pre kardiálnych pacientov na prevenciu izolácie a budovanie komunikačných zručností v bezpečnom priestore.

Hlavné funkcie a princíp fungovania:

- Sociálna simulácia a animované NPC: Scéna je zaplnená ľuďmi (postavy Dude3, Woman\_1, Woman\_2) s možnosťou dynamickej regulácie hustoty davu a ambientného zvuku okolia, čo umožňuje kontrolovanú expozíciu sociálnemu prostrediu.
- Interaktívna postava obsluhy (Cupbearer): Postava obsluhy disponuje pokročilou logikou synchronizácie reči (animátor, audio prehrávanie a prítomná LipSync infraštruktúra) pre prirodzený vizuálny aj auditívny kontakt.
- UI systém otázok a odpovedí: Pacient komunikuje s prostredím prostredníctvom interaktívnych 3D UI tlačidiel. Spracovanie otázok sa načítava dynamicky zo súboru questions\_menu.txt a odpovede sú sprievádzané načítavaním a prehrávaním príslušných audio súborov (.mp3).



#### 4.3.1 Prehľad assetov, shaderov a materiálov

| Názov modelu (súboru) | Popis a funkcia v module                                    |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------|
| <b>cafeteria.fbx</b>  | Základná stavba interiéru kaviarne (steny, podlaha, strop). |

|                                                                                   |            |                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>cafeteria_sc.fbx</b>                                                           |            | Shadow Caster geometria – zjednodušený mesh určený výhradne na efektívne vrhanie tieňov budovy v rámci optimalizácie vykresľovania. |
| <b>cafeteria_windows.fbx</b>                                                      |            | Okenné rámy a sklenené plochy umožňujúce prechod prirodzeného svetla.                                                               |
| <b>bar.fbx</b>                                                                    |            | Hlavný barový pult, za ktorým stojí postava Cupbearer a kde prebieha interakcia.                                                    |
| <b>ac.fbx</b>                                                                     |            | Klimatizačná jednotka umiestnená v priestore pre zvýšenie detailnosti prostredia.                                                   |
| <b>board.fbx / board1.fbx</b>                                                     |            | Informačné/ponukové tabule na stenách alebo pri bare.                                                                               |
| <b>door_basic.fbx / door_entrance.fbx</b>                                         |            | Interiérové dvere a hlavný vstupný portál do kaviarne.                                                                              |
| <b>vents.fbx</b>                                                                  |            | Vzduchotechnika a vetracie šachty na strope zlepšuje autenticitu priestoru.                                                         |
| <b>chair_basic.fbx</b><br><b>chair_fake_leather.fbx</b><br><b>chair_small.fbx</b> | /<br>/<br> | Rôzne typy stoličiek a kresiel rozmiestnené v kaviarni pre sediace NPC postavy aj hráča.                                            |
| <b>long_table.fbx / round_table.fbx / small_table.fbx</b>                         |            | Rôzne rozloženia stolov (veľké rodinné, okrúhle, malé dvojmiestne) vytvárajúce prirodzené zóny.                                     |
| <b>lamp_ceiling.fbx / lamp_small.fbx</b>                                          |            | Závesné stropné a stolové svietidlá dotvárajúce teplú atmosferickú náladu.                                                          |
| <b>cake_005.fbx / cake_006.fbx / croissant_001.fbx</b>                            |            | Modely koláčov a pečiva na pultoch a stoloch.                                                                                       |
| <b>card_terminal.fbx</b><br><b>cash_box_001.fbx</b>                               | /          | Platobný terminál a pokladňa na barovom pulte.                                                                                      |
| <b>coffee_machine_1_001.fbx</b><br><b>grinder_001.fbx</b>                         | /          | Profesionálny kávovar a mlynček na kávu.                                                                                            |
| <b>cup_flower_002.fbx</b><br><b>napkins_001.fbx</b><br><b>paper_cup_002.fbx</b>   | /<br>/<br> | Váza s kvetom, servítky a papierové poháre na stoloch.                                                                              |
| <b>laptop_001.fbx / screen_001.fbx / cutting_board_001.fbx</b>                    |            | Notebook, obrazovka a krájacia doska dopĺňajúce bežný ruch kaviarne.                                                                |

|                                                                         |                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tableware_... (...005, ...006, ...007, fork, knife, spoon, tray)</b> | Súpravy riadu (taniere, príbory, podnosy) rozmiestnené po priestore.     |
| <b>cofee_sign.fbx / cofee_sign1.fbx</b>                                 | Estetické nápisy a pútače kaviarne.                                      |
| <b>Cupbearer.fbx</b>                                                    | Skinned 3D model hlavnej animovanej postavy baristu/obsluhy.             |
| <b>Dude3 Final Export.fbx / Woman_1.fbx / Woman_2.fbx</b>               | Skinned 3D modely zákazníkov vytvárajúcich kulisu sociálnej simulácie.   |
| <b>VolumetricLightCone.fbx</b>                                          | Kužeľová geometria pre rendering efektných viditeľných svetelných lúčov. |

| <b>Materiál (.mat)</b>              | <b>Priradený Shader</b>            | <b>Funkcia a použitie v scéne</b>                                            |
|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| <b>EmmisiveWhite.mat</b>            | URP SimpleLit                      | Svietiaci (emisívny) biely materiál pre žiarovky a svetelné zdroje.          |
| <b>object_atlas.mat</b>             | URP Lit                            | Hlavný spoločný materiál využívajúci atlas textúr pre stavbu a nábytok.      |
| <b>SkyboxCafeteria.mat</b>          | Unity Built-in Skybox              | Pozadie exteriéru viditeľné cez okná kaviarne.                               |
| <b>TableObjectsAtlasLighter.mat</b> | AlbedoRoundnessBoost (ShaderGraph) | Vlastný shader presvetľujúci drobné dekoratívne rekvizity na stoloch.        |
| <b>VolumetricCafeteria.mat</b>      | VolumetricLight (ShaderGraph)      | Shader vytvárajúci efekt prashného vzduchu a presvitajúcich slnečných lúčov. |
| <b>Woman_1_ClothingVariant.mat</b>  | URP Lit                            | Materiál oblečenia postáv umožňujúci zmenu farebných variantov.              |

| <b>Prefab / Skript</b>                                                            | <b>Typ</b>        | <b>Funkcia v module</b>                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Woman_1_Prefab.prefab<br/>Woman_2_Prefab.prefab<br/>Dude3 Final Export.fbx</b> | Prefaby<br>Postáv | Kompletné postavy zákazníkov vrátane animátorov a skriptov pre spĺňanie sociálnej simulácie. |
| <b>QuestionButton.prefab</b>                                                      | Prefab UI         | Špeciálne rozhranie pre výber konkrétnej otázky z menu.                                      |
| <b>UIButton.prefab</b>                                                            | UI Prefab         | Univerzálne VR tlačidlo pre ovládanie menu.                                                  |

|                                   |                |                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>CameraFade.prefab</b>          | Prefab Efektu  | Zabezpečuje plynulé vizuálne prechody (Fade In / Fade Out).                                                                                          |
| <b>InGameMenu.prefab</b>          | UI Prefab      | Hlavné systémové menu pre pauzu alebo návrat.                                                                                                        |
| <b>Player.prefab</b>              | VR Player Rig  | Hráčsky objekt obsahujúci VR kameru, sledovanie pohybu a ovládače.                                                                                   |
| <b>AnimationRandomizer.cs</b>     | Logický skript | Náhodne strieda voľnobežné (Idle) animácie NPC postáv, čím zabráňuje monotónnosti ich správania.                                                     |
| <b>AudioBlinkController.cs</b>    | Logický skript | Zabezpečuje žmurkanie očí postáv riadené RMS analýzou hlasitosti prehrávaného audia.                                                                 |
| <b>CupbearerController.cs</b>     | Core Logic     | Riadi synchronizáciu hovoru Cupbearera – prepojenie prehrávania zvuku s prepínaním stavov animátora (crossfade).                                     |
| <b>MaterialColorRandomizer.cs</b> | Logický skript | Pri načítaní scény náhodne zmení farby oblečenia NPC postáv na dosiahnutie rozmanitosti.                                                             |
| <b>PeopleController.cs</b>        | Logický skript | Riadi počet viditeľných ľudí v kaviarni (zapína/vypína SkinnedMeshRenderer) a spravuje hlasitosť zvukov davu podľa nastavení expozície.              |
| <b>QuestionsController.cs</b>     | Core Logic     | Načítava otázky zo súboru questions_menu.txt a cez UnityWebRequest asynchrónne sťahuje a spúšťa príslušné hlasové stopy (question_01.mp3 až 05.mp3). |

## 4.4 Modul 6 a 7: VR 360 Video (rieka a abstraktné prostredie)

Moduly 6 a 7 boli realizované ako spoločné riešenie určené na prehrávanie 360° videí vo virtuálnej realite. Na ovládanie prehrávania bolo v oboch moduloch prevzaté používateľské rozhranie (UI) z modulu 4 – Amfiteáter v prírode vo VR, čím sa zachoval jednotný spôsob ovládania. Vo finálnej verzii však bolo toto rozhranie úplne skryté, aby sa minimalizovalo množstvo rušivých prvkov počas sledovania videa.

Prehrávanie videa zabezpečuje natívny prehrávač systému Android. Toto riešenie bolo zvolené s ohľadom na efektívne využívanie dostupných systémových zdrojov cieľového zariadenia a plynulé prehrávanie 360° video obsahu.

V priebehu vývoja bolo vytvorených viacero skúšobných nahrávok pomocou 360° kamery, ako aj niekoľko variantov renderovaného obsahu. Z týchto výstupov boli vybrané dve finálne prostredia: prostredie rieky, založené na reálnej 360° nahrávke, a abstraktné prostredie, vytvorené výhradne renderovaním, ktoré teda nepochádza z kamerového záznamu. Ukážky oboch prostredí sú uvedené nižšie.

