

Možnosti využití virtuální reality při rekonstrukci místa trestného činu u Policie České republiky

Bc. Stanislav Březina

Diplomová práce
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta logistiky a krizového řízení

Ústav ochrany obyvatelstva

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Stanislav Březina
Osobní číslo:	L23302
Studijní program:	N1032A020002 Bezpečnost společnosti
Specializace:	Ochrana obyvatelstva
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Možnosti využití virtuální reality při rekonstrukci místa trestného činu u Policie České republiky

Zásady pro vypracování

- Zpracujte rešerši o současných metodách a technologiích využití virtuální reality a popište potenciální aplikace pro Policii České republiky.
- Analyzujte právní a metodický rámec vztažený k dokumentaci místa trestného činu platný v České republice.
- Specifikujte klíčové parametry a navrhnete systém digitalizace procesu dokumentace místa trestného činu.
- Vytvořte dokumentaci k využití softwarové podpory procesu ohledání místa trestného činu.

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. AUKSTAKALNIS, Steve. *Practical Augmented Reality: a Guide to the Technologies, Applications and Human Factors for AR and VR*. Boston: Addison-Wesley, 2017. ISBN 978-0-13-409423-6.
2. BAILENSON, Jeremy. *Experience on Demand: What Virtual Reality Is, How It Works, and What It Can Do*. New York: W.W. Norton & Company, 2018. ISBN 978-0-393-25369-6.
3. PORADA, Viktor. *Kriminalistika: technické, forenzní a kybernetické aspekty*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o, 2016. ISBN 978-80-7380-589-0.
4. ŠEVČÍK, Jiří. *Rekonstrukce trestného činu ve virtuální realitě*. Disertační práce. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta aplikované informatiky, Ústav bezpečnostního inženýrství, 2022. ISBN 978-80-7678-142-9. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/52417>.
5. ŠTEINBACH, Miroslav. *30 let Policie České republiky*. Praha: Policejní prezidium ČR, 2021. ISBN 978-80-908139-0-8.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího diplomové práce.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Pavel Tomášek, Ph.D.**

Ústav ochrany obyvatelstva

Konzultant diplomové práce:

Ing. Jiří Ševčík

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **2. prosince 2024**

Termín odevzdání diplomové práce: **25. dubna 2025**

L.S.

prof. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.
děkanka

prof. Ing. Dušan Vičar, CSc.
ředitel ústavu

V Uherském Hradišti dne 2. prosince 2024

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení diplomové práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou práci – nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá; neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji, že

- jsem na diplomové práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

V Uherském Hradišti, dne 25.4. 2025

.....
podpis autora

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá využitím technologií virtuální reality při dokumentaci a 3D rekonstrukci místa trestného činu v rámci činnosti Policie České republiky. Cílem je analyzovat současné metody kriminalistické dokumentace a navrhnout systém digitální rekonstrukce, který by umožnil přesnější a efektivnější zaznamenání a simulaci kriminálních událostí. Teoretická část se věnuje legislativnímu rámci, kriminalistickým principům dokumentace, a aplikacím virtuální reality ve veřejném sektoru. Praktická část se zaměřuje na experimentální využití progresivní technologie neuronových radiačních sítí a jejich následnou vizualizaci prostřednictvím gaussových ploch v rámci ohledání a rekonstrukce scénáře trestného činu. Získaná data jsou vizualizována v prostředí Unreal Engine. Výsledkem je uživatelsky přívětivá forma manuálu a ověření metody prostorové rekonstrukce scénáře trestného činu v přímé konfrontaci s odbornou praxí.

Klíčová slova: kriminalistika, virtuální realita, Policie České republiky, 3D rekonstrukce, ohledání místa činu, digitální důkazy

ABSTRACT

This master thesis deals with the use of virtual reality technologies in the documentation and 3D reconstruction of crime scenes within the activities of the Police of the Czech Republic. The aim is to analyze current methods of criminalistic documentation and to propose a digital reconstruction system that would allow more accurate and effective recording and simulation of criminal events. The theoretical part is devoted to the legislative framework, criminalistic principles of documentation, and applications of virtual reality in the public sector. The practical part focuses on the experimental use of progressive neural radiation network technology and its subsequent visualization through Gaussian surfaces in the context of crime scene investigation and reconstruction. The acquired data are visualized in the Unreal Engine environment. The result is a user-friendly manual and validation of the method of spatial reconstruction of a crime scenario in direct confrontation with professional practice.

Keywords: criminalistics, virtual reality, Police of the Czech Republic, 3D reconstruction, crime scene investigation, digital evidence

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Pavlu Tomáškoví, Ph.D., za odborné vedení, cenné rady a trpělivost. Zvláštní poděkování patří konzultantovi Ing. Jiřímu Ševčíkovi, PhD., za čas, ochotu a zejména za praktickou pomoc při představování stěžejní softwarové aplikace, kterou mi věnoval během zpracování této práce. Mé poděkování patří také kriminalistickému technikovi za ochotu a spolupráci prostřednictvím rozhovoru, který významně přispěl k praktické části práce.

OBSAH

ÚVOD.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST.....	13
1 KRIMINALISTIKA A SOUČASNÉ METODY REKONSTRUKCE MÍSTA ČINU.....	14
1.1 PRÁVNÍ A METODICKÝ RÁMEC VZTAŽENÝ K DOKUMENTACI MÍSTA TRESTNÉHO ČINU PLATNÝ V ČESKÉ REPUBLICE	15
1.2 KRIMINALISTICKÁ DOKUMENTACE.....	18
1.3 OHLEDÁNÍ MÍSTA ČINU	22
1.4 ZVLÁŠTNÍ METODY ZPŮSOBU DOKAZOVÁNÍ	24
1.4.1 Rekonstrukce místa trestného činu.....	25
1.4.2 Vyšetřovací pokus	26
2 VIRTUÁLNÍ PROSTŘEDÍ.....	29
2.1 3D PROSTOR.....	29
2.2 DEFINICE A ZÁKLADNÍ PRINCIPY VIRTUÁLNÍ REALITY	32
2.3 HISTORIE A VÝVOJ TECHNOLOGIE VIRTUÁLNÍ REALITY	38
2.4 SOUČASNÉ ZAŘÍZENÍ A TECHNOLOGIE VIRTUÁLNÍ REALITY	39
2.5 APLIKACE VIRTUÁLNÍ REALITY VE VEŘEJNÉM SEKTORU.....	40
3 VIRTUÁLNÍ REALITA U POLICIE ČESKÉ REPUBLIKY.....	45
3.1 POLICIE ČESKÉ REPUBLIKY A JEJÍ ÚKOLY A POVINNOSTI	47
3.2 SOUČASNÉ TRENDY A TECHNOLOGIE VR V POLICII ČR.....	48
3.3 VIRTUÁLNÍ REALITA PŘI REKONSTRUKCI MÍSTA TRESTNÉHO ČINU	50
4 DÍLČÍ ZÁVĚR	54
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	55
5 PRACOVNÍ POSTUP TVORBY SCÉNÁŘE V APLIKACI VIRTEVID.....	56
5.1 POUŽITÉ METODY PRO SBĚR DAT	56
5.2 ZPRACOVÁNÍ DAT.....	60
5.2.1 Import fotek.....	61
5.2.2 Úprava 3D modelu	64
5.2.3 Výběr modelu.....	67
5.2.4 Komparace modelů	72
5.3 DYNAMICKÁ VIZUALIZACE PROSTORU	74
5.3.1 Vložení modelů	74
5.3.2 Vytvoření scény „Sequencer“	77
5.3.3 Experimentální scénář a jeho vizualizace	80
5.3.4 Vizualizace scény ve virtuální realitě	86
5.4 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	90

6	NÁVRH DOKUMENTACE SOFTWARE PODPORY PROCESU OHLEDÁNÍ MÍSTA TRESTNÉHO ČINU	92
6.1	ANALÝZA PŮVODNÍHO MANUÁLU	92
6.2	METODIKA REVIZE A ROZŠÍŘENÍ MANUÁLU	93
6.3	SROVNÁNÍ PŮVODNÍ A NOVÉ VERZE PO JEDNOTLIVÝCH KAPITOLÁCH	94
6.4	SHRNUTÍ HLAVNÍCH PŘÍNOSŮ	104
7	DISKUSE.....	105
	ZÁVĚR.....	112
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	113
	SEZNAM OBRÁZKŮ	118
	SEZNAM TABULEK.....	120
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	121
	SEZNAM PŘÍLOH.....	122

ÚVOD

Místo trestného činu představuje klíčový prostor, v němž se setkávají individuální lidské příběhy, následky protiprávního jednání a odborná činnost kriminalistů. Nejedná se pouze o fyzickou lokalitu, kde došlo k trestnému činu, ale o zásadní bod zájmu trestněprávního zkoumání, jehož cílem je co nejpřesněji rekonstruovat průběh událostí. Přestože ve většině případů nelze s absolutní jistotou určit přesný sled činů, současné metody dokumentace a dokazování umožňují díky pokročilým technologiím výrazné zefektivnění celého procesu. Přesná a detailní dokumentace místa činu hraje v rámci trestního řízení nezastupitelnou roli. Každé opomenutí či drobná chyba v tomto procesu může mít zásadní dopad na správnost a spravedlnost výsledného rozhodnutí. Z tohoto důvodu je nezbytné usilovat o maximální přesnost a eliminaci jakýchkoli nedostatků již ve fázi prvotního ohledání.

Tato diplomová práce se zabývá využitím moderních technologií, konkrétně digitální prostorové rekonstrukce s využitím neuronových sítí a virtuální reality (VR) s cílem inovovat současné metody dokumentace místa trestného činu a navazující kriminalistické metody zvláštního způsobu dokazování. K volbě tohoto tématu mě přivedl zájem o propojení kriminalistiky a technických inovací, ale také disertační práce Ing. Jiřího Ševčíka, Ph.D., která se tímto tématem zabývá spíše hlouběji po technické stránce.

V úvodní části práce jsou analyzovány principy související s dokumentací a rekonstrukcí místa činu, včetně právního a metodického rámce. Otázkou zůstává, zda je možné současné metody posunout na vyšší úroveň, co se přesnosti a použitelnosti týče.

Práce si klade za cíl provést komplexní analýzu tradičních kriminalistických postupů a následně identifikovat a prakticky ověřit propojení a přínos s výše uvedenými technologickými inovacemi. V rámci hodnocení využitelnosti zapojení progresivních digitálních technologií současnosti je nutné se zaměřit na legislativu a praktické nasazení. Tyto a další aspekty spojené s implementací VR a návazných digitálních technologií jsou využity v rámci jednotlivých kapitol. Nedílnou součástí posouzení je hodnocení přínosů a rizik. V praktické části si práce klade za cíl navrhnout 3D modelovou scénu a demonstrovat využití aktuálních metod digitální rekonstrukce prostoru k dynamické vizualizaci ve VR. Závěrečná část zpracovává dokument jako obsluhu pro jejich použití do praxe.

Autor práce si je vědom, že toto zvolené téma představuje náročnou výzvu. Přistupuje k němu však s velkým zájmem a očekáváním, že propojení kriminalistiky s moderními technologiemi může přispět k možnému průlomu při způsobu dokazování v trestním řízení.

CÍL PRÁCE A POUŽITÉ METODY

Diplomová práce se zabývá 3D rekonstrukcí místa trestného činu pomocí virtuální reality (VR) a analyzuje dosud současné metody dokumentace místa trestného činu.

Cíle práce

1. Zmapovat současné metody a technologie využití virtuální reality a popsat aplikace pro Policii České republiky.
2. Analyzovat právní a metodický rámec vztažený k dokumentaci místa trestního činu platný v České republice.
3. Navrhnout systém digitalizace vztažený k dokumentaci místa trestného činu platný v České republice.
4. Vytvořit dokumentaci k využití softwarové podpory procesu ohledání místa trestného činu.

Metody práce

Ke zpracování diplomové práce byly využity tyto metody:

Rešerše při vyhledání relevantní literatury o současných metodách a technologiích využití virtuální reality a aplikací pro Policii České republiky.

Analýza legislativního a metodického rámce vztaženého k dokumentaci místa trestního činu platný v České republice.

Kvalitativní rozhovor veden s kriminalistickým technikem (dokumentarista) za účelem porozumění současného legislativního a metodického rámce vztažený k dokumentaci místa trestného činu a na využití virtuální reality při rekonstrukci scénáře místa trestného činu.

Praktické testování technologie za použití VR softwaru pro vytvoření modelové scény místa trestního činu.

Komparace, porovnání vytvořených modelových scén při dodržování pravidel o 3D skenování místnosti a jejich nedodržení.

Syntéza vedoucí k vyhodnocení výsledků experimentu

Evaluace výsledků a přínos VR softwaru.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 KRIMINALISTIKA A SOUČASNÉ METODY REKONSTRUKCE MÍSTA ČINU

Kriminalistika se vyvinula na základě myšlenky boje proti zločinnosti pomocí vědeckých technik, která vycházela z přesvědčení a praktických poznatků o prostředcích účinné ochrany společnosti před porušováním zákonů, jakož i o možnostech odhalování a trestání takových porušení. Kriminalistické postupy jsou objektivně schopny objasňovat trestné činy v trestních procesech, napomáhat ochraně práv jednotlivce ve společnosti a zabránit tomu, aby byl nevinný občan potrestán za to, co nespáchal. Kriminalistické postupy naproti tomu pomáhají chránit společnost tím, že odhalují pachatele trestných činů. Trestní řád výslovně omezuje kriminalistické postupy, které zasahují do občanských práv a svobod. Procesní normy proto chrání občany před zneužitím těchto nástrojů tím, že pečlivě specifikují podmínky a formu jejich použití při provádění konkrétních procesních úkonů (Porada a Rais, 2021).

Kriminalistika je vědní obor, který se zaměřuje na metody a techniky používané při vyšetřování trestných činů a shromažďování důkazů. Jejím cílem je efektivně identifikovat, analyzovat a interpretovat důkazy, které mohou pomoci objasnit průběh a okolnosti trestného činu, identifikovat pachatele a podpořit právní řízení. Kriminalistika zahrnuje různé oblasti, jako je sběr a analýza fyzických důkazů (např. otisky prstů, DNA, balistické analýzy), vyšetřování místa činu, výslech svědků a obětí a rekonstrukci trestných činů. Využívá přitom principy a techniky z oblasti vědy a technologie, aby zajistila objektivní a spolehlivé výsledky, které mohou být použity v soudním řízení (Protivinský a Klvaňa, 2007).

Rekonstrukce místa trestného činu je proces, během kterého se za účelem objasnění okolností a průběhu trestného činu znovu vytváří a zkoumá konkrétní místo, kde k činu došlo. Tento proces může zahrnovat fyzickou obnovu scény, modelování místa trestného činu, simulaci událostí a sběr důkazů za účelem zajištění přesného zobrazení toho, jak se trestný čin odehrál. Rekonstrukce slouží k ověření výpovědí svědků, určení způsobu a času činu a podpoře právních postupů, jako jsou soudní řízení a vyšetřování. Cílem je zajistit, aby byly všechny relevantní faktory a okolnosti důkladně pochopeny a posouzeny (Protivinský a Klvaňa, 2007).

1.1 Právní a metodický rámec vztažený k dokumentaci místa trestného činu platný v České republice

Dále se zaměříme na právní a metodický rámec, který je v České republice platný pro dokumentaci místa trestného činu. Tento rámec stanovuje povinnosti a postupy pro kriminalisty, aby dokumentace byla provedena způsobem, který respektuje práva všech zúčastněných stran.

Ze zákona je požadováno dokumentovat incidenty, které mají kriminální význam. V důsledku toho musí všechny akce prováděné orgány činnými v trestním řízení na místě vyhovovat platným zákonům a případně organizačním zásadám. Trestní řád (zákon č. 141/1961 Sb.) je primárním právním předpisem, který stanoví formát a způsob, jakým musí být záznamy uchovávány. § 55 odst. 1–5, které popisují protokol – jednu z nezbytných, ale i požadovaných forem dokumentace některých kriminalisticky závažných činů, jež jsou jednou z nejvýznamnějších součástí zákona. Kromě uložení nutnosti sepsat protokol o každém úkonu trestního řízení tato část konkrétně nastiňuje procesní náležitosti protokolu, včetně úkonů, které je nutné v jeho průběhu dodržet. První odstavce v § 55a specifikuje použití zvláštních prostředků: *„odst. 1) K zachycení průběhu úkonu lze podle potřeby využít i těsnopisného zápisu, který se pak spolu s přepisem do obyčejného písma připojí k protokolu, případně zvukového nebo obrazového záznamu, anebo i jiného vhodného prostředku. Je-li při provádění úkonu využito videokonferenčního zařízení, pořizuje se zvukový a obrazový záznam vždy.“* § 55b zobrazuje zvláštnosti protokolace v řízení před soudem, následně § 56b až 58 popisuje postupy, které musí být během soudního řízení zastaveny. O protokolech se pojednává i v § 112, kde se v odst. 2) uvádí *„Listinnými důkazy jsou listiny, které svým obsahem prokazují nebo vyvracejí dokazovanou skutečnost vztahující se k trestnému činu nebo k obviněnému.“* a § 113 odst. 2) *„Protokol o ohledání musí poskytovat úplný a věrný obraz předmětu ohledání; mají se proto k němu přiložit fotografie, náčrty a jiné pomůcky.“* K nim lze ještě zmínit § 114, § 115 a § 116, kde je popsána charakteristika úkonů, jež se standardně protokolují.

Dokumentace je zmíněna i v § 158 odst. 3) *„O zahájení úkonů trestního řízení k objasnění a prověření skutečností důvodně nasvědčujících tomu, že byl spáchán trestný čin, sepiše policejní orgán neprodleně záznam, ve kterém uvede skutkové okolnosti, pro které řízení zahajuje, a způsob, jakým se o nich dověděl. Opis záznamu zašle do 48 hodin od zahájení trestního řízení státnímu zástupci. Hrozí-li nebezpečí z prodlení, policejní orgán*

záznam sepíše po provedení potřebných neodkladných a neopakovatelných úkonů. K objasnění a prověření skutečností důvodně nasvědčujících tomu, že byl spáchán trestný čin, opatřuje policejní orgán potřebné podklady a nezbytná vysvětlení a zajišťuje stopy trestného činu. V rámci toho je oprávněn, kromě úkonů uvedených v této hlavě, zejména v písm. a) vyžadovat vysvětlení od fyzických a právnických osob a státních orgánů“ a písm. f) „pořizovat zvukové a obrazové záznamy osob, za podmínek stanovených v § 114 snímat daktyloskopické otisky, provádět osobou téhož pohlaví nebo lékařem prohlídku těla a jeho zevní měření, jestliže je to nutné ke zjištění totožnosti osoby nebo ke zjištění a zachycení stop nebo následků činu.“

Zákon o Policii České republiky (zákon č. 273/2008 Sb.) nabízí také pohlednutí na povinnosti pořízení záznamu, a to při: zajištění osoby v § 26 odst. 5), odnětí věci v § 34 odst. 3), předběžném zajištění věci v § 34a odst. 3), vydání a odebrání zbraně a prohlídce osoby v § 35 odst. 3). Následně potom policista sepíše úřední záznam a osobě vystaví potvrzení.

Jako poslední je třeba zmínit Závazný pokyn policejního prezidenta (dále jen „ZPPP“) č. 100/2018 o kriminalisticko-technické činnosti Policie České republiky. Primárně důležitý pro samotné pořizování dokumentace v činnosti kriminalistických techniků apod. Prvořadý význam tohoto pokynu je v tom, že poskytuje policistům důkladný rámec pro proces zaznamenávání trestněprávní události, což je zjednodušeně řečeno akt přesného zaznamenání změny materiálního nebo paměťového prostředí způsobeného jednáním pachatele. Tato změna může být poté zachována a použita jako důkaz u soudu ke zjištění viny pachatele.

Právní otázky spojené s využíváním technologie v důkazních řízeních

Integrace VR a AR do soudů má sice zjevné výhody, ale jejich efektivní využití také naráží na překážky. Jedním z hlavních problémů je stanovení legitimacy a důvěryhodnosti virtuálních nebo rozšířených důkazů. Stanovení standardů a norem je zásadní pro zajištění přesnosti a integrity těchto důkazů.

Právní problémy spojené s virtuálními trestnými činy a virtuálním prostředím jsou četné a složité. Nadnárodní povaha virtuálních světů ztěžuje určení správné jurisdikce pro stíhání virtuálních trestných činů. Anonymita, kterou prostředí virtuální reality poskytuje, může rovněž ztížit identifikaci pachatelů trestné činnosti a propojení jejich aktivit s osobami v reálném životě. Kromě toho se mohou objevit neshody ohledně práv

a vlastnictví virtuálního majetku, což si vyžádá právní kroky. Pro zvládnutí těchto různorodých potíží jsou zapotřebí silné právní struktury a předpisy. Zákonodárci, právníci a další zainteresované osoby musí zohlednit složitost virtuálních trestných činů, specifika digitálního prostředí a jejich možné dopady na skutečný svět. (Sean, 2023).

V globálním prostředí se virtuální trestné činy řeší kombinací mezinárodních, regionálních a vnitrostátních právních systémů. Mezinárodní instituce, jako je Organizace spojených národů, uznaly potřebu řešit kyberkriminalitu, zejména virtuální, prostřednictvím globální spolupráce a koordinace. Regionální organizace, jako je Evropská unie, rovněž vytvořily zvláštní právní předpisy pro boj proti virtuální kriminalitě. Vnitrostátní právní systémy pro virtuální trestné činy se v jednotlivých zemích liší. Například Spojené státy mají federální a státní zákony upravující virtuální trestné činy, jako je zákon o počítačových podvodech a zneužívání počítačů (Computer Fraud and Abuse Act – CFAA) a zákon o autorských právech v digitálním tisíciletí (Digital Millennium Copyright Act – DMCA). Jiné země, jako například Spojené království, Kanada a Austrálie, mají srovnatelné právní předpisy kriminalizující virtuální trestné činy (Sean, 2023). Právní otázky tak mohou být s ohledem na:

- Jurisdikce: Virtuální světy nejsou omezeny fyzickými hranicemi. Virtuální trestné činy mohou zahrnovat pachatele a oběti z více zemí, což ztěžuje určení soudní příslušnosti.
- Důkazy: Virtuální prostředí nemusí poskytovat hmatatelné důkazy a digitální důkazy lze snadno změnit nebo odstranit. Vymáhání práva: Virtuální světy mohou být spravovány organizacemi, které se nacházejí mimo jurisdikci, v níž došlo k trestnému činu, což ztěžuje vyvození odpovědnosti pachatelů.
- Nedostatek specifických právních rámců.
- Problémy s ochranou soukromí: Virtuální trestné činy vyvolávají problémy s ochranou soukromí, protože virtuální prostředí často zahrnuje shromažďování a zpracování osobních údajů (Sean, 2023).

V této souvislosti UNESCO uspořádalo 6. července 2023 ve spolupráci s Meziamerickým soudem pro lidská práva (Kostarika), Národní soudní akademií (Spojené státy), Lawyers Hub (Keňa) a Centrem pro správu komunikací na Národní právnické univerzitě v Dillí (Indie) webinář na téma „Světy virtuální reality na soudech“. Webinář zdůraznil význam poskytování základních informací a schopností soudcům, aby bylo

zaručeno, že technologie posilují, nikoliv podkopávají výkon spravedlnosti v jednadvacátém století (Unesco, 2023).

1.2 Kriminalistická dokumentace

Kriminalistická dokumentace je klíčovým procesem při vyšetřování. V této části se zaměříme na systematické zachycení důkazů na místě činu, které je nezbytné pro pozdější rekonstrukci události.

Trestná činnost zanechává stopy a související události, které lze využít ke shromažďování důkazů. Při vyšetřování trestných činů je nezbytné řádně chránit a dokumentovat veškeré informace, které mají důkazní hodnotu. Kriminalistická dokumentace je ucelený soubor materiálů, který popisuje metodiku, postupy a výsledky konkrétního případu. Nejprve je třeba zjistit stopu na místě události a zvážit, jak ji nejlépe fixovat a zdokumentovat pomocí nejvhodnější forenzní metody nebo metod. Následně lze stopu použít jako důkaz u soudu a jako nástroj k identifikaci trestného činu a jeho pachatele. Revizi zajištěné stopy lze provést až po dokončení vlastní dokumentace. Soud ji může poté s ohledem na ostatní stopy a důkazy získané v průběhu vyšetřování použít k nezájatému posouzení případu. V dokumentaci musí být uvedeno, které forenzní techniky byly použity (Porada, 2016). Kriminalistická dokumentace musí především zajistit:

- Přesné zachycení okolnosti na místě vyšetřované události.
- Umožnit jednotlivci, který materiál vidí, představit si každý zdokumentovaný scénář případu.
- Obnovená situace se musí ztotožňovat se situací původní, kdy se například použije rekonstrukce místa vyšetřované události.
- Musí být zobrazen průběh a výsledky úkonů a činností prováděných v čase, místě a za stanovených podmínek.
- Techniky, způsoby a prostředky úkonů musí být fixovány v samotné dokumentaci (Porada, 2016).

Hlavním kritériem je zobrazení skutečného scénáře v původním stavu, včetně všech relevantních detailů pro celkové vyhodnocení a rozhodnutí vyšetřovaného případu. Základní zásady, které zaručují přesnost procesu a účinnost výsledku, musí sloužit jako opěrný bod

dokumentace prováděné při odhalování, vyšetřování a prevenci trestné činnosti. Zásady jako:

- Aktuálnost a nenahraditelnost zaznamenaných poznatků.
- Nestrannost dokumentace.
- Účinnost použitých dokumentačních technik.
- Úplnost vyplněných dokumentů.
- Komplexnost dokumentace (Porada, 2016).

V kriminalistice byly zavedeny různé metody a prostředky dokumentování v závislosti na typu vyšetřovací akce a na typu zkoumaného tématu nebo scénáře. V důsledku toho bylo vyvinuto mnoho forem kriminalistické dokumentace založené na povaze, charakteru a důležitosti trestných činů a činností prováděných v jejím rámci. Patří sem:

- Protokol.
- Fotografická dokumentace.
- Topografická dokumentace.
- Filmový záznam.
- Videodokumentace a magnetofonový záznam.
- Zajištění věci in natura.
- Technický znalecký posudek.
- Speciální způsoby fixace.

Nejčastějšími způsoby dokumentace jsou protokol, fotografická a topografická dokumentace (Porada, 2016).

Fotografická dokumentace

Fotografická dokumentace je základním druhem obrazové dokumentace. Jejím hlavním úkolem je trvalé stanovení účelu informací zjištěných při trestném činu, jakož i různých fází kriminalistické taktiky. Přináší nestranné a nezaújaté údaje, které umožňují jasné pochopení zásadních kriminalistických skutečností. Fotodokumentace představuje neinvazivní způsob uchování zájmových objektů, aniž by došlo k jejich narušení nebo poškození. Využití kriminalistické fotografie lze klasifikovat jako:

- fotografii místa činu,
- fotografie živých osob, mrtvol a věcí,
- fotografii při vyšetřovacích úkonech (Straus, 2012).

Dříve se dále užívala filmová forma kriminalistické dokumentace, ale v dnešní době se již zejména kvůli její pracnosti a časové náročnosti nepoužívá.

Topografická dokumentace

Topografická dokumentace zahrnuje tvorbu výkresů a plánů kriminalisticky významných míst. Její podstatou je měření, zobrazování a grafické znázorňování zemského povrchu a na něm se nacházejících stacionárních a pohyblivých věcí pomocí rovinné projekce. Topografická dokumentace tedy nabízí údaje o velikosti, tvaru a relativní poloze konkrétních předmětů a stop na zaznamenaném místě. Kriminalistická topografie obsahuje:

- náčrtek,
- plánek,
- schéma.

Fotografie mohou někdy zkreslovat skutečný prostor a ztěžovat určení vzdáleností mezi jednotlivými předměty. Vykreslení 3D prostoru vyžaduje mnoho snímků, jejichž interpretace může být obtížná. A to je přesně to, co nám lépe vykreslí topografie (Kriminalistická dokumentace, 2024).

Audio expertíza

Audio expertíza se zabývá především identifikací osob podle hlasu, identifikací okolí podle zvuků, které se objevují v nahrávce, a zkoumáním nahrávacího zařízení. Dělí se na dvě oblasti výzkumu: Zkoumání řeči, zde je cílem zjistit příslušnost mluvčího ke skupině, tj. charakterizovat jeho věk, vzdělání, zaměstnání, pohlaví nebo místní či sociální vazby, a na základě těchto vlastností pak mluvčího individuálně identifikovat. Zkoumání vlastností nahrávky je další oblastí zvukové expertízy, která se zaměřuje na její konstrukci. Zkoumání se zaměřuje například na zjištění místa zaznamenané řeči, stejně jako na zdroj nebo původ případných doprovodných nebo jiných šumů (Kriminalistická dokumentace, 2024).

Video expertíza

Video kontrola je proces zkoumání videozáznamů v různých formách pořízených videokamerami, televizním nebo satelitním vysíláním, multiplexními kamerovými

(bezpečnostními) systémy, fotoaparáty, mobilními telefony apod. Mohou být uloženy na různých (i poškozených) záznamových médiích, včetně videokazet, pevných disků, pevných paměťových médií, disků DVD a CD. V případě videozáznamů se zjišťuje, zda se jedná o originál, nebo kopii, a také to, zda obraz neprošel nějakým dalším zásahem nebo úpravou. Dále lze analyzovat podmínky a okolnosti, za nichž byl videozáznam pořízen (místo, pozice kameramana, počasí, denní doba atd.) (Kriminalistická dokumentace 2024).

Nové metody zahrnují rozsáhlé zpracování snímků. Správná dokumentace místa činu zahrnuje tři kroky: měření místa, jeho fotografování a vytvoření výkresu a zprávy. Všechny tyto úkony jsou zásadní a neměly by být opomíjeny. Jedná se o časově mimořádně náročné úkony. Ale díky moderním metodám kriminalistické dokumentace mohou tyto úkony provádět současně a efektivněji. Těmi například jsou:

- Fotogrammetrie.
- Snímkování ze vzduchu.
- Laserové 3D skenování.

Digitální stopa

Významnou podmínkou pro použití digitální stopy jako důkazu je její použitelnost v trestním řízení a přijatelnost pro orgány činné v trestním řízení. Účinné zkoumání digitálních stop v trestním řízení vyžaduje důsledné dodržování procesních a znaleckých postupů. To poukazuje na problémy spojené s používáním digitálních otisků jako důkazu. Nedůsledné postupy ověřování údajů mohou být důsledkem nedostatečně kvalifikovaných policistů, zejména v počátečních fázích trestního vyšetřování. Navíc nedostatečná dokumentace úkonů provedených všemi orgány činnými v trestním řízení může vést k nejednotným výsledkům.

Digitální stopy v trestních věcech se týkají uznávaných technik vyhledávání, ochrany, analýzy, dokumentace a vyhodnocování digitálních stop. Odchylky od těchto kritérií mohou běžně vést k excesům z hlediska zákonnosti a regulérnosti procesů v trestním řízení obecně, jakož i ke zkreslení skutkového stavu. Je zásadní, aby byl skutkový stav v trestním řízení prokázán bez důvodných pochybností. Tento koncept má následně přímý dopad na rozsah zajištění a následnou analýzu digitálních stop, které je třeba předložit soudu pro účely rozhodování v trestní věci. Digitální stopy jsou často nepřímé a k prokázání viny nestačí. Tuto vlastnost digitální stopy musí orgány činné v trestním řízení rovněž zohlednit,

a to nezávisle na dodatečném čase potřebném pro trestní řízení. Digitální stopa musí obsahovat určité vlastnosti, aby se stala prokazatelnou, jako například:

- Nesporná relevance s projednávanou věcí.
- Řádná evidence, aby nedošlo k znehodnocení či poškození digitální stopy.
- Obtížnost ztotožnění osoby pachatele s trestnou činností.
- Úmyslná manipulace s daty (Porada a Rais, 2021).

1.3 Ohledání místa činu

Ohledání místa činu je prvním krokem při vyšetřování, který umožňuje kriminalistům získat přehled o situaci a identifikovat potenciální důkazy.

Ohledání místa činu je soubor základních kriminalistických taktických a technických metod používaných k zajištění důkazů nalezených na místě činu. Následná právní kvalifikace vychází právě ze situace na místě činu. Jedná se o klíčový procesní právní předpis, který upravuje vývoj trestních případů a vyšetřování. Získáváme poznatky, které nelze získat nikde jinde (Straus et al., 2008).

Cílem ohledání místa činu je shromáždit základní informace, které lze využít k zodpovězení sedmi základních kriminalistických otázek:

- Co bylo spácháno?
- Kdy byl čin spáchán?
- Kde byl čin spáchán?
- Kdo čin spáchal?
- Jak byl čin spáchán?
- Čím byl čin spáchán?
- Proč byl čin spáchán (Straus et al., 2008)?

Při ohledávání rozdělujeme dle pořadí prvotní ohledání, které nastává, když je objekt poprvé kontrolován v jednom případě. Jedná se o nejúčinnější prohlídku, protože nedošlo k podstatným změnám zkoumaných předmětů nebo okolností. Opakované ohledání je následná prohlídka předmětu v téže věci, která se provádí v případě, že předchozí prohlídka neposkytla dokonalé podmínky pro účinné provedení nebo nebyla provedena dostatečně.

Při dodatečném objasnění se objeví znaky, které nebyly při původním posouzení patrné. U doplňujícího ohledání se jedná o věci, části předmětů nebo místa, která nebyla při prvním zkoumání prozkoumána, protože jejich existence nebyla známa (Chmelík, 2005). Metody, které se využívají při ohledání jsou:

- Pozorování – proces pozorování určitých okolností, událostí a činností. Je to základní technika lidského chápání objektivní reality, stejně jako úplné pozorování veškeré hmotné reality neboli selektivní pozorování. Pozorování by mělo být metodické, organizované a přesné.
- Měření a vypočítávání – používají se k vyjádření určitých vlastností věcí pomocí číselných jednotek.
- Popisování – zaznamenávání jedinečných vlastností pozorovaných věcí nebo situací za účelem dosažení požadovaného účelu.
- Srovnávání – porovnávání nejen hmotné věci objevené na místě činu nebo stopy, ale také informace obsažené ve stopách navzájem.
- Využívání experimentální metody – při zkoumání se můžeme dozvědět o procesu, který způsobuje vznik určitých stop za stanovených materiálních okolností.
- Modelování – jedná se o proces vytváření materiálních mentálních modelů a postupů pro určitou událost. Vyšetřovatel v průběhu ohledání používá mentální modely, na jejichž základě konstruuje model průběhu události a rysy, které jsou relevantní z forenzního a kriminalistického procesního hlediska.
- Analýza a syntéza – slouží jako základ myšlenkového procesu. Jde o klíčový přístup, neboť zkoumání místa činu, jednotlivých artefaktů, změn v jejich vzájemných vztazích, spojené se syntetickou fází myšlení, je cestou k poznání a pochopení geneze a průběhu vyšetřované události (Straus et al., 2008).

Protokol o ohledání místa činu

Protokol o ohledání je základním druhem dokumentace v trestním řízení. Je nejvýznamnějším důkazním prostředkem v trestním řízení. Podle § 113 odst. 2 trestního řádu musí protokol o ohledání podávat ucelený a přesný obraz o tématu. Jedná se o záznam o průběhu a výsledcích prohlídky. Zpráva o ohledání místa činu musí být věcná, nestranná, metodická, srozumitelná a transparentní. Musí poskytovat přesné shrnutí ohledání místa

činu. Ve výjimečných situacích může být ohledání místa činu prvotním úkonem sloužícím k zahájení trestního řízení (Šámal, 2013).

Každý protokol ohledání se dělí na tři části: část úvodní, část popisnou a část závěrečnou. Úvodní část obsahuje datum a místo pátrání, název policejního útvaru, důvod pátrání, meteorologické a světelné podmínky a identifikaci osob, které se na pátrání podílely, a osob, které jej ohlásily. Popisná část popisuje samotnou prohlídku. Tato část obsahuje podrobný popis předmětu, techniku použitou k nalezení stop, související předměty a stopy objevené v průběhu pátrání. V závěrečné části je uveden podrobný popis nalezených a zajištěných stop, předmětů a dokumentů z místa činu, včetně jejich likvidace, místa ohledání a pořízení další dokumentace. Protokol o ohledání místa činu musí být podepsán všemi zúčastněnými osobami (Porada, 2016)

1.4 Zvláštní metody způsobu dokazování

Zvláštní metody dokazování, jako je rekonstrukce místa činu nebo vyšetřovací pokus, jsou používány k doplnění tradičních metod vyšetřování. Tyto metody umožňují získat komplexnější obraz o události.

Zákonem č. 265/2001 Sb. byl novelizován trestní řád a bylo do něj zařazeno pět zvláštních druhů dokazování, a to konfrontaci, rekognici, vyšetřovací pokus, rekonstrukci a prověrku na místě označené jako individuální důkazní prostředky. Zákonem č. 45/2013 Sb., byl taktéž novelizován trestní řád a byly stanoveny jedinečné druhy důkazů pro oběti trestných činů, což ovlivnilo jejich vývoj. Ustanovení § 104a-104e v oddíle třetím hlavy páté trestního řádu stanoví jedinečné způsoby dokazování. Kriminalistika se zaměřuje na organizaci, přípravu a provádění důkazů, přičemž trestní řád stanoví závazný mechanismus jejich provádění (Chmelík a Bruna, 2018).

Všechny formy důkazů musí být zdokumentovány v protokolu, který obsahuje jak obecné náležitosti uvedené v čl. 55 odst. 1 trestního řádu, tak zvláštní náležitosti uvedené v čl. 55 odst. 3 trestního řádu. Orgány činné v trestním řízení musí před zahájením řízení rovněž vyslechnout jednotlivce k okolnostem (Chmelík. 2014). Níže se zde zmíním konkrétněji o zvláštních metodách způsobu dokazování, jako je rekonstrukce místa trestného činu a vyšetřovacím pokus.

1.4.1 Rekonstrukce místa trestného činu

Dle § 104d TŘ je rekonstrukce zvláštním způsobem dokazování (samostatným důkazním prostředkem) od novely trestního řádu z roku 2001. Kriminalistickou rekonstrukcí se rozumí proces rekonstrukce kriminalisticky relevantních hmotných věcí, událostí a skutečností nebo jejich klíčových aspektů s využitím původních dochovaných součástí předmětů. Rekonstrukce tedy umožňuje vytvořit model, který je v určitých aspektech shodný s vyšetřovaným originálem. Tyto znaky nebyly vybrány náhodně. Jsou určeny účelem, podstatou, technikami a podmínkami rekonstrukce (Jelínek, 2022). Za jiných okolností může být důležité pochopit povahu geneze nebo průběhu události. Důvodů pro rekonstrukci je několik. Stejně tak jsou situace, které je třeba definovat, vysvětlit nebo reprodukovat.

Někdy jde o rekonstrukci celkové situace na místě činu, jindy o určení časové posloupnosti jednotlivých událostí, například kdy, kdo přišel nebo odešel na místo činu, zda se tam mohl s někým setkat, o kolik minut později mohl být jinde a podobně. Při rekonstrukci se posuzuje, zda pachatel mohl vstoupit nebo vyjít určitým otvorem, a řeší se případné nejasnosti ohledně použití různých předmětů, nástrojů nebo pomůcek při spáchání činu. Jejím hlavním cílem je ověřit pravdivost výpovědí podezřelých, obviněných osob, spolupachatelů, obětí nebo svědků a určit pravdivost a proveditelnost jejich tvrzení. Rekonstrukce často přináší nové poznatky o skutečnostech relevantních pro trestní řízení. Je důležité si uvědomit, že rekonstrukce je složitá činnost, která vyžaduje značný čas na přípravu a provedení. V kriminalistické praxi se stále častěji při rekonstrukci používají pokročilé počítačové systémy (Hlaváček, 2008).

V kriminalistice může mít činnost rekonstrukce řadu forem:

- Jako samostatný, specializovaný přístup kriminalistické praxe. Jde o metodu rekonstrukce trestného činu, která je upravena jako jeden ze zvláštních způsobů dokazování v trestním řádu (násilná trestná činnost).
- Jako součást jiných metod kriminalistické činnosti, např. šetření výpovědí na místě, rekognice apod.
- Jako taktický nástroj pro provádění konkrétních operativně pátracích činností a postupů. Například identifikace zemřelé osoby s nejasnou identifikací.

Samotné výsledky rekonstrukce mohou být využity:

- Jako prostředku důkazního, ilustračního, prověrky dosud shromážděných důkazů a taktického v procesu kriminalistické identifikace.
- Jako předpokladu aplikace některých metod kriminalistické činnosti a expertizní kriminalistické činnosti.
- A jako pátrací pomůcky (Porada, 2016).

Dokumentace úkolu není bezvýznamná. Protokol je samozřejmě nezbytným dokumentem pro přestavbu. Každý postup má tři části: úvodní, popisnou a závěrečnou. Protokol o rekonstrukci má tu zvláštnost, že úvodní část musí mimo jiné obsahovat účel a cíl úkonu, název místa, kde k úkonu došlo (přesněji řečeno všech míst, pokud jich je více), datum a přesný čas (od – do) a povětrnostní, světelné a jiné podmínky (viditelnost, slyšitelnost), které existovaly v době rekonstrukce. Dále musí být k dispozici seznam všech osob, které se na úkonu podílely, včetně jejich základní identifikace a procesního postavení. V neposlední řadě je důležité pamatovat na připomínky a doplnění, které vznesli všichni účastníci procesu přestavby. Trestněprávní teorie nabídla doporučení, jak nejlépe technicky zaznamenat rekonstrukci. Jednoznačně se jedná o videozáznam. Fotografická dokumentace se využívá v situacích, kdy nelze použít video (Hlaváček, 2008).

1.4.2 Vyšetřovací pokus

Dalším zmíněným důkazním prostředkem v § 104c TR je vyšetřovací pokus, který využívá záměrně vytvořená nebo upravená prostředí k ověření nebo objasnění skutečností zjištěných v trestním řízení nebo ke zjištění nových skutečností relevantních pro trestní řízení. Účelem vyšetřovacího pokusu je ověřit existující nebo získat nové důkazy, ověřit předpoklady o existenci či neexistenci skutečností, jevů, faktů nebo událostí za určitých podmínek, ověřit způsob, jakým se skutečnost nebo jev vyskytuje, nebo zjistit okolnosti vedoucí ke spáchání trestného činu nebo události (Česko, 1961). Jinými slovy pana JUDr. Hlaváčka je „*vyšetřovacím pokusem se zjišťuje, ověřuje nebo upřesňuje, zda se stala nebo mohla nastat určitá skutečnost, nebo naopak se nestala nebo nemohla nastat, anebo za jakých podmínek se tak stalo, nebo nestalo*“ (Hlaváček 2008). V kriminalistické praxi se vyšetřovací pokusy často zaměňují s ohledáním, ohledáním na místě a rekonstrukcí kvůli jejich podobnosti.

Vyšetřovací pokus se od ostatních úkonů liší tím, že se zaměřuje na experimentální činnost. Cílem vyšetřovacího pokusu je ověřit nebo vysvětlit skutečnosti již zjištěné v trestním řízení, jakož i zjistit nové skutečnosti relevantní pro trestní řízení (Porada, 2007). Na rozdíl od teoretických pokynů zkušený kriminalista tvrdí, že rozsah je to, co odlišuje

vyšetřovací experiment od rekonstrukce. Zatímco vyšetřovací pokus replikuje určitý úsek události, který dosud nebyl plně objasněn, za rekonstrukci se považuje úkon, který rekonstruuje kompletní inkriminovanou událost, nebo dokonce to, co jí předcházelo (Hlaváček, 2008). Dělení vyšetřovacího pokusu dle povahy zjišťované události:

- Senzorické pokusy – zkoumají, jak lidé vnímají určité skutečnosti. Poukazují na možnost vidět nebo slyšet něco z určitého místa nebo za určitých podmínek. Tento druh často zahrnuje zkoumání zrakových podmínek osob při dopravních nehodách.
- Situační pokusy – slouží ke zjištění možnosti provedení určité činnosti, například překonání překážky nebo vyhnutí se srážce, a také výskytu a existence určitého jevu, například osvětlení vozidla. Poskytují také vhled do průběhu události a mechanismu jejího sledování (Porada, 2007).

Vyšetřovací pokus se neprovede, pokud je nevhodný s ohledem na okolnosti případu nebo osobu podezřelého, obviněného, spoluobviněného, poškozeného nebo svědka nebo pokud lze cíle pokusu o vyšetřování dosáhnout jiným způsobem. Trestní řád vyžaduje, aby vyšetřovacímu pokusu prováděnému v přípravném řízení byla přítomna alespoň jedna osoba, která není do případu zapojena, ledaže by zajištění její přítomnosti ohrozilo účinnost pokusu. Je třeba rovněž zmínit, že srovnatelnost prostředí, za nichž je vyšetřovací test prováděn, je rozhodující potřebou pro věrohodnost testu a jeho závěr.

Příprava, průběh a výsledky vyšetřovacího pokusu, včetně jeho jednotlivých fází, musí být formálně zaznamenány. Povinnou formou dokumentace je protokol, přičemž nejpřijatelnějšími volitelnými prostředky jsou fotografie, videozáznam nebo topografický záznam. Vzhledem k velké různorodosti myslitelných vyšetřovacích pokusů neexistuje jednotný metodický přístup k technické dokumentaci. Obvyklou normou je zaznamenávání od širokého záběru ke konkrétnímu nebo od celku k polodetailům a specifikům (Hlaváček, 2008).

Výzvy a omezení těchto metod

Většina záznamů z místa činu při tradičním vyšetřování je založena na digitálních médiích, konkrétně na fotografiích a ručních náčrtech. U soudu mohou taková digitální média a nahlášené popisy zcela zahltit laiky, například porotce. Starší postupy jsou navíc náchylnější k úpravám a změnám, což by mohlo vést k falšování forenzních důkazů. V důsledku toho se v průběhu času objevily objektivnější, přesnější a důkladnější přístupy

k zaznamenávání místa činu. Ačkoli podle literatury zůstanou základní schopnosti fotografie a kresby s ručním měřením, které jsou často nepřesné, s největší pravděpodobností užitečné a významné i v budoucnu, jedná se o dvojrozměrné (2D) zobrazení trojrozměrného (3D) místa činu.

Lze tedy říct, že při použití tradičních technik byla zdůrazněna řada výzev a nevýhod, včetně:

- Lidské chyby – Individuální posouzení každého jednotlivce nemusí být vždy správné.
- Nízké přesnosti – Nesprávný postup metod, které se dělají ručně, mohou vést k zastínění důkazů či ke sporům o jeho významu.
- Zkreslení obrazu – Samotný objektiv může být zkreslený či může mít vliv samotná vzdálenost k objektu.
- Potenciální manipulace s daty – Tradiční metody nemají bezpečné uložení informací o konkrétním místě činu, jako náčrty apod., proto může dojít k jejich manipulaci či poškození.
- Omezený čas a náklady – Na každý konkrétní důkaz je časový limit k jeho zachycení, po uběhnutí limitu může být důkaz opotřeбен a může vést k nerealistickým modelům.
- Vizuální omezení – Na 2D, tím postrádají schopnosti, které mohou být využity ve 3D (Maneli a Isafiade, 2022).

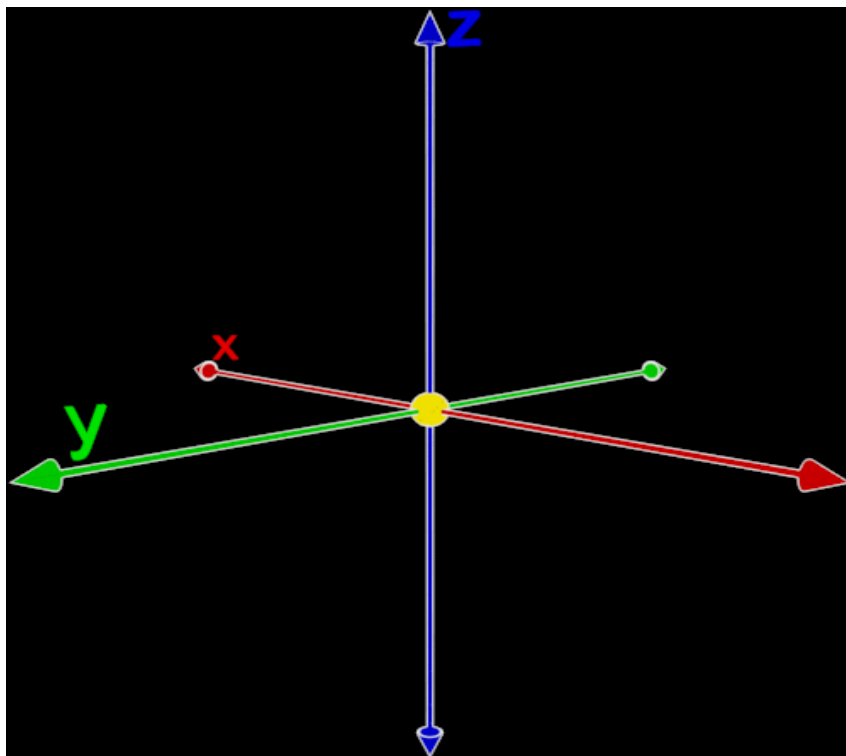
2 VIRTUÁLNÍ PROSTŘEDÍ

Virtuální prostředí nabízí nové možnosti pro simulaci a rekonstrukci událostí. Je to digitálně vytvořený prostor, který simuluje nebo napodobuje reálný nebo imaginární svět. Tento prostor je přístupný uživatelům prostřednictvím technologií, jako jsou počítače, virtuální realita (VR) brýle nebo rozšířená realita (AR) zařízení. Uživatelé mohou v tomto prostředí interagovat s objekty a prvky, které jsou často navrženy tak, aby reagovaly na jejich akce a vstupy, čímž vytvářejí pohlcující zážitek. Virtuální prostředí se používá v různých oblastech, včetně her, simulací, tréninkových programů, designu a vzdělávání, aby poskytlo realistické nebo kreativní scénáře a situace (Aukstakalnis, 2017).

Dále se kapitola zaměřuje na 3D prostor, klíčové aspekty virtuální reality, počínaje její základní definicí a principy až po hlubší teoretické rámce, které podporují její využití v různých oblastech. Virtuální realita (VR) se stala jedním z nejvýznamnějších technologických pokroků současnosti, ovlivňujících širokou škálu oborů, od herního průmyslu až po medicínu či vzdělávání. Abychom pochopili její potenciál a možnosti aplikace, je nezbytné seznámit se s jejími základními stavebními kameny a historickým vývojem.

2.1 3D prostor

3D prostor je klíčovým prvkem virtuální reality, který umožňuje uživatelům procházet a interagovat s virtuálními objekty. 3D prostor, neboli trojrozměrný prostor, je definován třemi osami: X, Y a Z, které představují šířku, výšku a hloubku, tzv. kartézská soustava. Na základě souřadnic bodů je vytvořena číselná mřížka. Nulový bod je průsečíkem všech tří os. Označuje se jako Osy, známé jako světové osy, zůstávají pevné. Lokální osy jsou jedinečné pro každý prvek a pohybují se nebo se s ním otáčejí. 3D snímky se vytvářejí pomocí 3D technologií. 3D prostor je virtuální plocha založená na kartézských souřadnicích a geometrických prostorových mapách, viz na obrázku č. 1. Každá z těchto os tvoří rovinu, která je v trojrozměrném prostoru na ostatní dvě kolmá (Derakhshani, 2006).



Obrázek 1 – Trojrozměrný prostor definovaný třemi osami kartézské soustavy souřadnic (zdroj: Wikisofia, 2025)

Trojrozměrný (3D) prostor se může lišit složitostí, věrohodností a pocitem pohlcení v závislosti na nástrojích a postupech použitých na každé úrovni digitálního vstupu, zpracování nebo výstupu. Počítač je v podstatě matematický nástroj, a protože matematika umožňuje výtvořky, které přesahují lidskou smyslovou zkušenost, může počítačový program pracovat s jakýmkoli místem, pokud má jeho reálný model.

Ať už chceme v počítači vytvořit 3D prostor pro účely analýzy zvuku nebo obrazu, potřebujeme užitečný model, který by reprezentoval věci, které stavíme nebo měníme, ve třech rozměrech: délce, šířce a hloubce (nebo výšce). Takový model existuje a je založen na kartézském souřadnicovém systému, který v 17. století vyvinul francouzský filozof a matematik René Descartes. Využil jej k propojení euklidovské geometrie s algebrou. (Wikisofia, 2025).

Proces vytváření 3D grafiky zahrnuje několik kroků. Tyto oblasti jsou integrovány tak, aby poskytovaly potřebné vizualizační informace. Během tvůrčího procesu tyto kategorie zahrnují modelování, povrchovou úpravu, umístění prvků, osvětlení a umístění kamery (Derakhshani, 2006). Výsledkem těchto postupů by byl statický obrázek, který by nevyužíval plný potenciál 3D grafiky. 3D grafika se běžně používá pro animaci ve filmovém

průmyslu. K vytvoření organizovaného postupu se při použití animace využívají tři základní výrobní prvky.

- Preprodukce – první krok zahrnující nakreslení scénáře, modelů postav a okolí, stejně jako vypracování animačního plánu, testování pohybu a návrhů scén.
- Produkce – druhý krok obsahující modelování jednotlivých předmětů, osvětlení, nastavení kamery, umístění, animace a součásti scény.
- Postprodukce – poslední, závěrečné vykreslování. Kromě renderování zahrnuje přidání zvuku, odstranění cizího obsahu a barevné korekce (Christina, 2021).

Modelování se definuje jako vytváření skulptur, popisování prostoru a rozmíst'ování virtuálních trojrozměrných objektů, prostředí a scén pomocí počítačového systému. Před zahájením modelování je rozhodující mít představu. K vizualizaci příslušných informací budeme používat výkresy. Důkladná snaha zahrnuje shromáždění co nejvíce informací o určitém objektu. Chceme-li modelovat stůl, vyfotografujeme jej z mnoha úhlů a změříme jeho rozměry. Během přípravy se podrobně vyptáváme na finální model. Pokud například animujeme model stolu, který pouze bliká, můžeme ušetřit čas (Derakhshani, 2006). Modelování popisuje přístupy, jako je modelování křivek nebo polygonů a parametrické nebo přímé modelování. Mohou být ale i sofistikovanější přístupy, jako je rozdělení povrchu nebo deformační mřížky (Kerlow, 2011).

3D modely lze vytvořit několika způsoby, včetně stažení z internetu nebo pomocí modelovacího softwaru.

Slibným přístupem k vytváření virtuálních 3D modelů je skenování skutečných objektů. 3D skenování zahrnuje použití několika technologií a nástrojů. Skenery mohou být dotykové i bezdotykové. Dotykové skenery používají k zachycení tvaru a geometrie objektu kuličkovou sondu (Tonerpartner, 2020).

Existují dva typy bezkontaktních skenerů: optické a laserové. Laserové skenování je velmi přesný proces, který se běžně používá v podnikání. Podobně jako optické skenery skenuje vzory odrazem světla od povrchu. K osvětlení se používá laserový paprsek, zatímco odražené světlo snímá vysokorychlostní kamera. Speciální program využívá data z kamery ke konstrukci virtuálního modelu v počítači. Optické 3D skenery jsou sice méně přesné než laserové skenery, ale jsou výrazně levnější. Jako optický skener můžete použít také mobilní telefon. Fotogrammetrie zahrnuje fotografování fyzického modelu z různých úhlů a vytvoření virtuální 3D reprezentace v počítači (Zuza, 2018).

Poslední volbou je generování modelu. Umělá inteligence Point-E převádí text a fotografie na 3D modely. Program OpenAI, stejně jako jeho předchozí nabídky, využívá text k vytváření vizuálních a literárních kompozic. Aplikace Point-E je v současné době ve vývoji a jejím výsledkem je prozatím sbírka bodů, které se postupně upgradují do aplikace, jako jsou hry, animace a 3D tisk (Wiggers, 2022)

2.2 Definice a základní principy virtuální reality

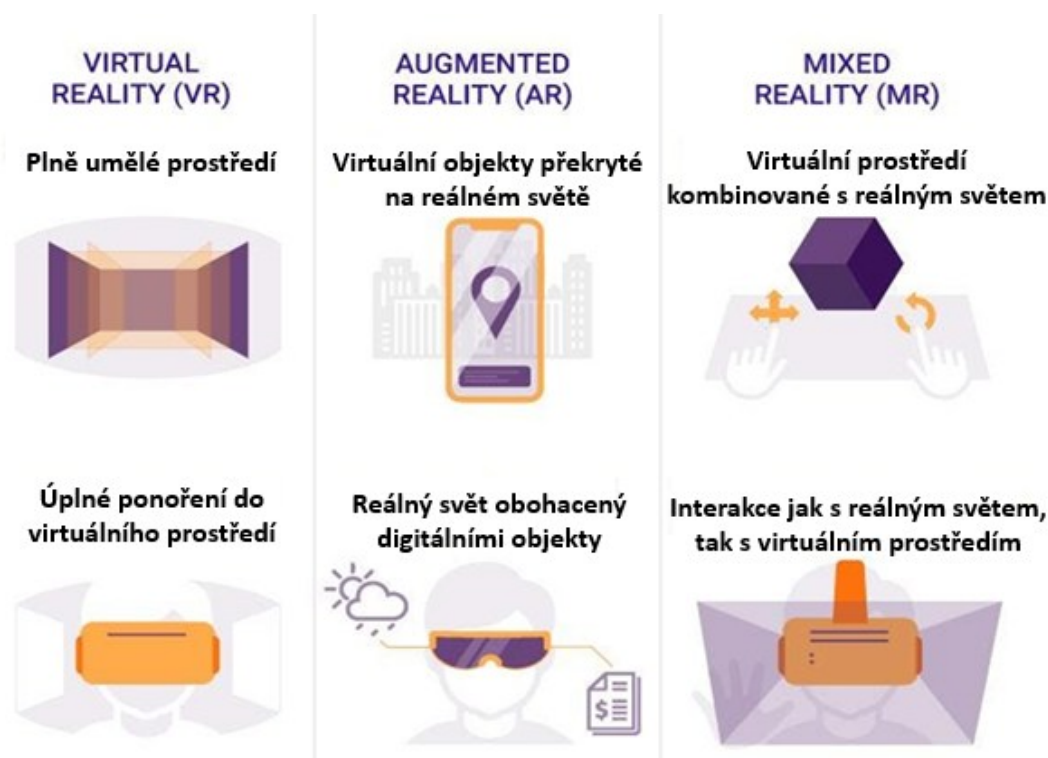
Pojmy "virtuální" a "realita" přirozeně slouží jako základ pro definici virtuální reality. "Virtuální" je blízký pojem, nicméně realita je to, co jako lidé zažíváme. Proto je "blízká realita" přesněji popsána jako "virtuální realita". Může samozřejmě znamenat cokoli, ale obvykle odkazuje na určitý druh simulace reality (Bailenson, 2018).

Pojem virtuální realita zavedl a zpopularizoval v roce 1984 Jaron Lanier, který byl rovněž zakladatelem virtuálních programovacích jazyků a jedním z průkopníků tohoto oboru. Virtuální realita je technologický koncept, který uživatelům umožňuje ponořit se do simulovaného trojrozměrného prostředí a interagovat s ním prostřednictvím speciálních zařízení, jako jsou VR brýle, senzory pohybu nebo ovladače. Toto digitálně vytvořené prostředí může být založeno na reálném světě nebo na fiktivních scénářích a poskytuje uživatelům pohlcující a realistický zážitek. Technologie VR nahrazuje skutečné vjemy novými, což umožňuje uživatelům vidět, slyšet a interagovat s virtuálním světem. V posledních letech VR výrazně pokročila, přičemž zařízení jako Meta Quest2 umožňují hluboký imerzivní zážitek. Společnosti investují do VR s očekáváním velkých zisků a nových způsobů, jak vydělávat peníze (Dauchot, 2018). Jeremy Bailenson, psycholog, také vyzdvihuje pocit vstupu do jiného světa vytvořeného virtuální realitou: „*V jednu chvíli máte na hlavě displej (HMD) a vzápětí jste někde jinde*“. Tento pocit „být tam“, kam vás přenese spuštěný software, vědci označují jako psychologickou přítomnost a je to základní rys virtuální reality (Bailenson, 2018). Naše smysly a vjemy nám poskytují poznatky o okolním světě. Každý z pěti smyslů jako je chuť, hmat, čich, zrak a sluch, které jsme se učili ve škole. Jsou to však pouze naše smyslové orgány, které jsou snadno viditelné. Ve skutečnosti lidé disponují širokou škálou smyslů, včetně rovnováhy. Díky těmto dalším smyslovým vjemům a specifickému zpracování smyslových informací, které probíhá v našem mozku, máme bohatý tok informací z okolního prostředí do naší mysli (Yasar, 2024).

Naše smysly jsou zdrojem všech našich poznatků o světě kolem nás. Jinak řečeno, veškeré naše vnímání reality je ve skutečnosti jen syntézou smyslových dat a procesů, které

náš mozek používá k jejich interpretaci. Z toho vyplývá, že váš dojem z reality se změní, pokud jste schopni do svých smyslů vnést imaginární informace. Ukázala by se vám jiná realita, která existuje pouze ve vaší mysli, a proto ji vnímáte jako pravou, viz obrázek č. 2. To, co bychom označili jako virtuální realitu (Yasar, 2024). Tato technologie umožňuje uživateli přesvědčivý vizuální pocit, že je fyzicky přítomen v jiném prostředí, nebo ponoření do 3D počítačového modelu či simulace. K tomu se používají základní techniky: Plně, nebo částečně pohlcující systémy založené na projekci, jako jsou počítačem podporované virtuální světy, a stereoskopické displeje, které jsou umístěny na hlavě nebo jsou s ní propojeny (Aukstakalnis, 2017).

Typy



Obrázek 2 – Typy virtuální reality (zdroj: Yasar, 2024)

a) **Virtuální realita (VR)** vtáhne uživatele do plně umělého digitálního prostředí.

- Plně pohlcující.
- Částečně pohlcující.
- Nepohlcující.

- b) Rozšířená realita (AR)** překrývá virtuální objekty na skutečné prostředí.
- c) Smíšená realita (MR)** nejen překrývá, ale také ukotvuje virtuální objekty v reálném světě.

Virtuální realita vtáhne uživatele do zcela virtuálního prostředí, které je generováno počítačem. Nejpokročilejší virtuální realita dokonce poskytuje volnost pohybu – uživatelé se mohou pohybovat po digitálním prostředí a slyšet zvuky. Kromě toho lze pro umocnění zážitku z VR použít speciální ruční ovladače (Quora, 2018).

- **Plně pohlcující:** Maximální úroveň virtuální reality nabízí tento druh imerzivní VR, který uživatele plně vtáhne do 3D simulace. Zapojuje smysly sluchu, zraku a příležitostně i hmatu. Přidání pachů bylo dokonce předmětem několika experimentů. Například jedno čichové zařízení s digitálním syntetizátorem vůní, které umožnila technologie Olorama, lze použít k rozptýlení vůní v řadě imerzivních prostředí, včetně filmů, akcí a únikových místností. Uživatelé mohou s prostředím komunikovat tak, že si nasadí brýle, rukavice nebo pokrývku hlavy a získají tak zcela pohlcující zážitek. Prostor může být navíc vybaveno stacionárními koly nebo běžeckými pásy, aby spotřebitelé měli dojem, že se pohybují 3D prostorem.
- **Částečně pohlcující:** Tento druh VR umožňuje uživatelům získat částečně pohlcující zážitek prostřednictvím obrazovky počítače, brýlí nebo náhlavní soupravy. Není tak fyzicky pohlcující jako plné pohlčení, místo toho se soustředí na vizuální 3D část virtuální reality. Typickým příkladem částečně pohlcující virtuální reality je letecký simulátor, který používají letecké společnosti a vojenské složky k výcviku pilotů.
- **Nepohlcující:** Tento druh virtuální reality obvykle představuje 3D simulaci prostředí na počítačové obrazovce. V závislosti na aplikaci může prostředí také vydávat zvuk. Pomocí klávesnice, myši nebo jiného zařízení může uživatel virtuální svět do určité míry ovlivňovat, ale prostředí s uživatelem přímo nekomunikuje. Příkladem neimerzní VR jsou videohry a webové stránky, které umožňují uživatelům přizpůsobit si vzhled místnosti (Yasar, 2024).

Rozšířená realita je skutečný obraz doplněný digitálně vytvořenými prvky. Tuto realitu lze zachytit a následně rozšířit o digitální prvky, například při snímání mobilním telefonem pomocí softwaru. Digitální prvky mohou být také přidány přímo na průhledný povrch, přes který je reálný svět sledován, což mohou být speciální brýle, mobilní telefony apod. AR integruje virtuální obsah do skutečného prostředí v reálném čase, což umožňuje uživatelům

interagovat s oběma světy současně. Tato technologie se využívá v různých oblastech, včetně navigace, zábavy, vzdělávání a marketingu, a poskytuje tak novou úroveň interakce a informací nad rámec fyzického světa (Quora, 2018). Konkrétním příkladem mohou být průhledné dveře lednice, přes které je možné vidět například stáří potravin. Existují také brýle, které mohou přidávat informace, jako je čas, poloha, doplňující informace o orientačních bodech, ale také například trasu cesty. Totéž platí pro čelní skla automobilů, na kterých lze zobrazit informace o cestě (Malíková, 2023).

Jakákoli technologie, která existuje mezi skutečným světem a rozšířenou realitou, se nazývá smíšená realita. Ta v sobě spojuje rozšířenou realitu, virtuální realitu a interaktivní rozšířenou realitu. Na rozdíl od virtuální a rozšířené reality, které jsou spíše monologem, je smíšená realita (MR) rozhovorem mezi vámi a vašimi digitálními prostředky ve fyzickém světě. Toto místo vám umožňuje zapojit se do digitálních věcí v reálném prostředí a provádět významné akce. Nejlepšími případy smíšené reality je například používání filtrů AR na Instagramu a vytváření vtipných obrázků nebo videí. Podle výzkumníků v tomto odvětví není ve virtuální ani rozšířené realitě velký potenciál pro zisk. Tyto technologie by měly významný vliv na zábavní a v menší míře i na vzdělávací odvětví (Etechblog, 2022).

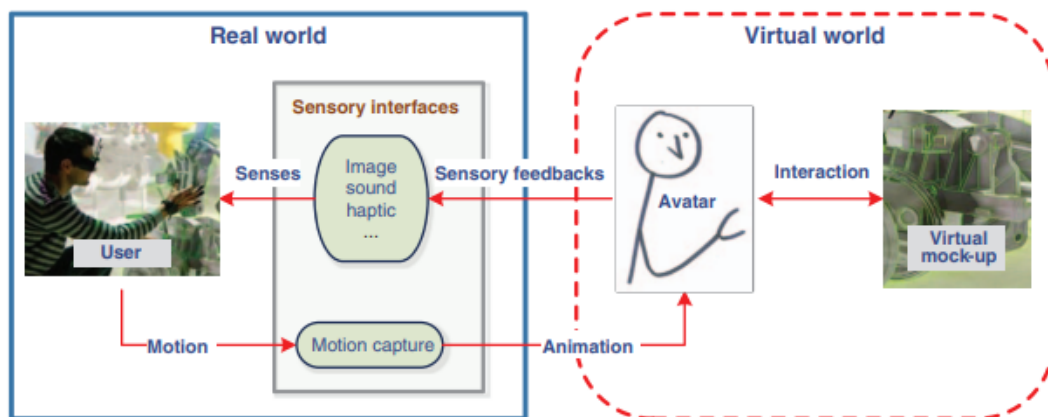
Rozdíl mezi rozšířenou a virtuální realitou

Rozšířená realita (AR) a virtuální realita (VR) jsou odlišné technologie nabízející různé zážitky. VR vytváří plně digitální, simulované prostředí, do kterého se uživatel kompletně ponoří pomocí zařízení, jako jsou VR brýle a ovladače, což nahrazuje skutečné smyslové vjemy simulovanými. Tato technologie se využívá především ve hrách, simulacích a tréninkových programech. Naopak AR překrývá digitální informace a objekty na reálný svět pomocí chytrých telefonů, tabletů nebo AR brýlí, jimiž rozšiřuje realitu, kterou uživatel vidí, aniž by ho od ní odřízla. AR je využívána v navigaci, zábavě, údržbě, designu, vzdělávání a marketingu. Hlavní rozdíl spočívá v tom, že VR vytváří nové prostředí, zatímco AR přidává digitální prvky do skutečného světa (Quora, 2018).

Principy

Softwarové a hardwarové technologie spolupracují, aby uživatele vtáhly do virtuálního prostředí prostřednictvím virtuální reality. Cílem je vytvořit spojení mezi uživatelem a virtuálním světem. K tomu jsou zapotřebí jak hardwarové (rozhraní člověk-počítač), tak softwarové (počítačová grafika, výpočty v reálném čase) technologie.

Uživatelův avatar neboli virtuální uživatel komunikuje s virtuálním světem prostřednictvím pohybů, které jsou zaznamenávány v reálném čase. Tím se vytváří vztah mezi uživatelem a virtuálním prostředím. Prostřednictvím technologií smyslové zpětné vazby se pro smysly uživatele znovu vytvářejí účinky interakcí mezi avatarem a virtuálním prostředím. Tato interakční smyčka musí být dokončena v reálném čase se zpožděním v rychlosti, s jakou jsou stimulovány lidské smysly, viz. obrázek č.3 (Mérienne, 2017).



Obrázek 3 – Vztah mezi uživatelem a virtuálním prostředím
(zdroj: Mérienne, 2017)

Virtuální objekty jsou pak vnímány prostřednictvím technologií působících na lidské smysly. Těmito technologiemi jsou:

- Imerze.
- Interakce.
- Vizualní a prostorová věrnost.
- Tracking a pohyb.
- Nízká latence.
- Sociální interakce a stereoskopické vidění.
- Senzory a ovládání.

Virtuální realita (VR) je technologie, která uživatelům umožňuje vstoupit do simulovaného prostředí, které může napodobovat skutečný svět nebo být zcela vymyšlené. Klíčovým principem VR je imerze, což je pocit uživatele, že se nachází uvnitř virtuálního světa. Tento pocit je vytvářen prostřednictvím různých smyslových podnětů,

jako jsou vizuální, zvukové (3D zvuk) a někdy i hmatové stimuly. Cílem je izolovat uživatele od reálného světa a umožnit mu, aby se plně ponořil do simulovaného prostředí.

Dalším důležitým principem je interakce s virtuálním světem. Uživatelé mohou ve VR interagovat s objekty a prostředím pomocí pohybu, gest nebo speciálních ovladačů. Virtuální prostředí reaguje na akce uživatele v reálném čase, což zvyšuje pocit, že je skutečně součástí tohoto světa. Tato interaktivita je klíčová pro udržení pocitu přítomnosti a pro zajištění, že uživatelé budou moci plně využít možnosti, které VR nabízí (Mills, 2023).

Vizuální a prostorová věrnost jsou také zásadními prvky virtuální reality. Pro dosažení realistického zážitku se využívají vysoce detailní 3D modely, realistické osvětlení a textury, které zajišťují, že virtuální prostředí působí co nejvěrohodněji. Široké zorné pole je dalším aspektem, který přispívá k pocitu ponoření, protože umožňuje uživatelům vnímat virtuální svět nejen přímo před sebou, ale i v periferním vidění (Mills, 2023).

Technologie tracking a 6DoF (Six Degrees of Freedom) jsou klíčové pro sledování pohybů uživatele. Tyto technologie umožňují sledovat pohyby hlavy, rukou a někdy i celého těla, což poskytuje přirozený a intuitivní způsob, jak se pohybovat ve virtuálním světě. Tento typ sledování je zásadní pro dosažení vysoké úrovně interaktivity a realismu (Heaney, 2019).

Nízká latence je technickým aspektem, který zajišťuje, že mezi akcí uživatele a odezvou systému nedochází ke zpoždění. Pokud by zpoždění bylo příliš vysoké, mohlo by to snížit pocit imerze a způsobit nepohodlí, například nevolnost (cybersickness) (Šantrůček, 2015).

Dalšími důležitými principy jsou stereoskopické vidění a sociální interakce. Stereoskopické vidění poskytuje uživatelům trojrozměrný vjem, což je klíčové pro vytváření realistického zážitku. Je to proces vizuálního vnímání, který nám umožňuje vnímat hloubku díky rozdílným obrazům, které vidíme každým okem. Tento rozdíl, známý jako binokulární disparita, je mozkiem interpretován jako hloubka. Sociální interakce, umožněná například prostřednictvím multiplayerových nebo sociálních VR aplikací, rozšiřuje možnosti využití VR v různých oblastech, jako je vzdělávání, trénink nebo zábava (Mérienne, 2017).

Konečně senzory a ovládání hrají důležitou roli v uživatelském zážitku. Haptická zpětná vazba, poskytovaná prostřednictvím speciálních zařízení, jako jsou rukavice nebo ovladače, umožňuje uživatelům cítit dotykové podněty ve virtuálním světě, což ještě více zvyšuje pocit realismu a interaktivity (Mérienne, 2017).

2.3 Historie a vývoj technologie virtuální reality

Přestože technologie virtuální reality existuje již více než polovinu století, podniky a spotřebitelé ji začínají plně využívat až nyní, kdy je její přijetí na vrcholu. Obecně se jedná o náhlavní soupravu, kterou můžete používat nezávisle na počítači nebo kterou můžete propojit s počítačem, jenž je poháněn hardwarem nebo herní konzolí, jako je PlayStation 4.

V roce 1838 Charles Wheatstone ve svém výzkumu prokázal, že mozek zpracovává různé dvourozměrné obrazy z každého oka do jednoho trojrozměrného vjemu. Tato schopnost mozku, známá jako stereopse, byla poprvé popsána právě Wheatstonem, který na základě tohoto objevu zkonstruoval první stereoskop. Tento přístroj využíval dvojici zrcadel nastavených pod úhlem 45 stupňů k očím uživatele, která odrážela obrazy umístěné na stranách, čímž vytvářela iluzi hloubky (VRČesko, 2023). V roce 1840 Wheatstone obdržel Královskou medaili za svůj přínos k pochopení binokulárního vidění. Jeho výzkum položil základy pro další vývoj stereoskopických technologií, které se později uplatnily například ve View-Masteru z roku 1939, využívaném pro "virtuální turistiku", a dnes jsou použity v moderních zařízeních jako Google Cardboard a nízkorozpočtové VR headsety pro mobilní telefony (Barnard, 2024).

První zařízení pro virtuální realitu, Sensorama, vynalezl v roce 1956 kameraman Morton Heilig a v roce 1962 si ho nechal patentovat. V prostorné kabině mohly být najednou až čtyři osoby. Využívalo řadu technologií k probuzení smyslů, včetně hudby, vibrací, vůní, plnobarevného 3D filmu a atmosférických efektů, jako je vítr (Barnard, 2024). K tomu se používaly generátory vůní, vibrační křeslo, stereofonní reproduktory a stereoskopická 3D obrazovka. Heilig usiloval o úplné ponoření diváků do svých filmů a věřil, že Sensorama je „kinem budoucnosti“. Právě pro něj natočili šest krátkých videí (VR Education, 2025). Telesférická maska, patentovaná v roce 1960 Mortonem Heiligem, byla jeho dalším vynálezem a prvním příkladem displeje na hlavě (HMD), i když pro nepohyblivé, neinteraktivní filmové médium. Tato náhlavní souprava nabízela stereofonní zvuk, širokoúhlé vidění a stereoskopické 3D. v roce 1961 vytvořili dva inženýři společnosti Philco Corporation (Comeau & Bryan) přístroj Headsight, který byl první iterací HMD. Měl magnetický systém sledování pohybu připojený ke kameře s uzavřeným okruhem a každé oko mělo vlastní videoobrazovku. Díky Headsightu mohla armáda v reálném čase sledovat škodlivé scénáře. Jednalo se o počáteční fázi vývoje VR displeje (Barnard, 2024).

Ivan Sutherland vyvinul v roce 1968 s pomocí svých studentů, zejména Boba Sproulla, systém, který je považován za první zobrazovací systém pro imerzivní simulační aplikace. Uživatelské rozhraní a vizuální zážitek byly primitivní a uživatel musel zavěsit těžký přístroj, který nosil, ke stropu. Virtuální svět se z hlediska grafiky skládal ze základních trojrozměrných předmětů. Přezdívkou přístroje byla inspirována jeho obrovským vzhledem, Damoklův meč (Barnard, 2024).

V osmdesátých letech 20. století popularizoval termín "virtuální realita" Jaron Lanier, jeden z průkopníků VR, který v roce 1984 založil společnost VPL Research. Firma vytvořila inovativní produkty jako DataGlove, VR headset EyePhone a AudioSphere pro 3D zvuk. V roce 1988 projekt společnosti Autodesk poprvé implementoval VR na osobní počítač a jeho vedoucí Eric Gullichsen později založil firmu Sense8, která vyvinula WorldToolkit, první SDK pro VR s real-time grafikou na PC (VR Education, 2025).

V devadesátých letech se VR headsety staly dostupnými pro běžné uživatele a v roce 1991 společnost Sega představila svůj Sega VR headset pro arkádové hry na konzoli Mega Drive, který zahrnoval LCD obrazovku, stereo sluchátka a systém sledování pohybu hlavy (VR Education, 2025).

2.4 Současné zařízení a technologie virtuální reality

V posledních letech došlo k výraznému pokroku v oblasti virtuální reality (VR), což vedlo k vývoji moderních VR zařízení a technologií, které nabízejí uživatelům hlubší a realističtější zážitky. Od roku 2000 se oblast VR vyznačuje velkými investicemi a rozsáhlou komercializací technologií VR. Projekt SAS Cube (SAS3), který vytvořila společnost Z-A Production, byl v roce 2001 první krychlovou místností založenou na PC. S knihovnou SAS byl vyvinut balíček Virtools VR Pack, který programátorům poskytuje možnost konstruovat 3D objekty pro použití ve scénářích s náhlavní soupravou VR nebo v místnostech CUBE. Společnost Google představila v roce 2007 službu Street View, která umožňuje 360stupňové panoramatické zobrazení silnic, interiérů budov a vzdálených míst. Díky tomu se můžeme ve službě Street View pohybovat po místech, i když tam nejsme. V roce 2010 společnost Google představila stereoskopický režim. Palmer Luckey v roce 2010 ve svých 17 letech vytvořil v garáži svých rodičů původní prototyp soupravy Oculus Rift VR. Tento prototyp měl 90stupňové zorné pole, což do té doby nikoho jiného nenapadlo, ale dokázal sledovat pouze rotačně. Společnost Oculus VR koupil

Facebook za 2 miliardy dolarů. VR se po této transakci rychle prosadila, takže se jedná o klíčový bod ve vývoji této technologie (Barnard, 2024).

Společnost Sony oznámila, že vyvíjí VR headset známý jako Project Morpheus pro PlayStation 4 (PS4). Společnost Google představila Cardboard, levný stereoskopický prohlížeč pro chytré telefony. Společnost Samsung představila Samsung Gear VR, náhlavní soupravu, která zobrazuje obsah pomocí smartphonu Samsung Galaxy. HTC Vive SteamVR, první náhlavní souprava pro virtuální realitu, byla dodána v roce 2016. Jednalo se o první významný komerční sledovací systém založený na senzorech, který umožňuje uživatelům volně se pohybovat v předem definované oblasti. Tím, že tento přístup umožňuje jednotlivcům zapojit se do virtuálního prostředí, které je přesnou kopií jejich fyzického okolí, skutečně uvolňuje potenciál VR (VR Education, 2025).

Samostatný bezdrátový VR headset Oculus Quest, který funguje bez počítače, byl takzvaným „game changerem“, jehož jsme byli svědky v roce 2019. Podle časopisu Forbes je rok 2018 rokem, kdy se virtuální realita skutečně rozjede. Oculus Quest již překonal hranici 400 000 prodaných zařízení po celém světě, přičemž jen za třetí čtvrtletí roku 2019 se prodalo 180 000 kusů (Barnard, 2024).

Vydáním chystané náhlavní soupravy pro smíšenou realitu Apple Vision Pro na konferenci Worldwide Developers Conference 5. června 2023 Apple odhalil svůj vstup do odvětví virtuální reality v roce 2023. Netrpělivě očekávaná souprava Apple Vision Pro se dostala do rukou prvních uživatelů ve Spojených státech 2. února 2024. Představení zařízení provázelo velké nadšení a internet přetékal videi a uživatelskými recenzemi, které jej ukazovaly v různých prostředích. Někteří vyjadřovali obavy o jeho dostupnost a ekologii obsahu, jiní v něm viděli možný motor pro přijetí VR v hlavním proudu (Barnard, 2024).

2.5 Aplikace virtuální reality ve veřejném sektoru

Virtuální realita (VR) se stále více začleňuje v různých oblastech, včetně veřejného sektoru. Aplikace VR přináší inovativní způsoby, jak efektivně řešit problémy, zlepšovat komunikaci a poskytnout uživatelům realistické a interaktivní prostředí pro simulace a analýzy. V následujícím textu se zaměříme na konkrétní oblasti, kde VR nachází své využití v rámci veřejného sektoru a jaký přínos má pro jednotlivé oblasti.

Automobilový průmysl: Před uvedením drahých prototypů do provozu mohou konstruktéři a designéři díky virtuální realitě rychle a snadno experimentovat se vzhledem

a konstrukcí vozidla. Od doby, kdy epidemie donutila podniky hledat alternativy ke konvenčním hliněným modelům, provádějí společnosti jako Honda, BMW a Jaguar Land Rover již několik let designová a inženýrská hodnocení pomocí virtuální reality. Protože virtuální realita umožňuje, aby se na procesu navrhování podíleli pracovníci z celého světa, a snižuje počet prototypů vytvářených na jednu řadu vozidel, šetří automobilový průmysl miliony pracovních hodin a materiálů (Thompson, 2024).

Zdravotní péče: VR má velký vliv na oblast medicíny. Úřad FDA povolil v listopadu 2021 předepisování přístroje EaseVRx k léčbě bolesti u dospělých. K pomoci zmírnit chronickou bolest využívá metoda kognitivně-behaviorální terapie i další behaviorální koncepty, jako je interoceptivní uvědomování, hluboká relaxace a přesun pozornosti. Pomocí VR lze zlepšit i popáleniny (Thompson, 2024). Lze ji využít také k léčbě duševních poruch, jako je posttraumatická stresová porucha a úzkost, jsou to dva stavy, u nichž se expoziční terapie ve virtuální realitě považuje za velmi prospěšnou. Existuje několik dalších způsobů, jak může být využití virtuální reality pro terapii výhodné (Yasar, 2024). Zdravotníci se mohou pomocí VR lépe připravit na práci na operačním sále, jako mladší lékaři při vysvětlování diagnóz a léčebných plánů nebo jako ortopedičtí chirurgové při operacích. Společnosti, jako je Osso VR, umožňují chirurgům interakci se zdravotnickými přístroji ve VR a nácvik operací na virtuálních tělech, což pomáhá zvýšit obeznámenost s novými přístroji a odbornost při jejich implantaci. Kromě toho se společnosti, jako Altoida, snaží využít VR a strojové učení k vývoji digitálních biomarkerů pro neurologická onemocnění, jako je Alzheimerova choroba. Tato technologická platforma nabízí včasnou diagnostiku, usnadňuje účast v klinických studiích a umožňuje přesné sledování vývoje onemocnění a reakce na léčbu (Thompson, 2024). Akademické centrum pro zubní lékařství v Amsterdamu (ACTA) a průmyslová společnost Moog spolupracovaly na vývoji simulátoru Simodont Dental Trainer pro zubní lékařství. Studenti se na něm pomocí vrtaček a dalších nástrojů na plastových zubech zdokonalují ve svých dovednostech na stomatologických školách po celém světě. Jedná se o špičkový, realistický simulátor bimanuálních dovedností, který nabízí neuvěřitelně realistický výcvik v operativních stomatologických zákrocích díky spojení 3D vizualizace, silové a hmatové zpětné vazby a zvukové technologie (Aukstakalnis, 2017).

Maloobchod: „Metaverze“ výrazně změní způsob, jakým nakupujeme online. Nákupy ve virtuální realitě a technologie skenování těla nám umožní virtuálně si obléknout oblečení a vidět, jak by vypadalo naživo. Zákazníci ušetří čas a peníze tím, že si budou moci koupit

zboží, o kterém budou vědět, že bude vyhovovat jejich postavě a velikosti, ještě předtím, než si ho objednají, což sníží dopad tvorby a přepravy rychlé módy na životní prostředí. Mnoho podniků, jako například evropský maloobchodní řetězec ASOS, který investoval do startupu Trillenium zabývajícího se vývojem softwaru, se pokouší přinést zážitek z nakupování ve VR i k nám. (Thompson, 2024).

Cestovní ruch: Celosvětová pandemická krize vedla k několika pokrokům v oblasti virtuálního cestování, protože mnoho lidí bylo ochuzeno o možnost poznávat nová místa, navštívit ikonické památky a poznat různé kultury. S rozvojem virtuální reality si nyní můžete dovolenou rezervovat dříve, než o ní vůbec začnete uvažovat. V roce 2015 představila společnost Thomas Cook svou virtuální realitu „Try Before You Fly“ (Vyzkoušejte, než poletíte), která umožňuje potenciálním cestovatelům navštívit podniky v několika zemích a virtuálně si vyzkoušet dovolenou ještě předtím, než si ji zarezervují (Thompson, 2024).

Architektura a design: Architekti a projektanti si mohou virtuálně prohlédnout budovy a lokality ještě před jejich výstavbou, což klientům umožní získat realističtější a působivější představu o konceptu. Společnost Mangan Group Architects z Tacoma Parku v Marylandu je vynikajícím příkladem jednoduchého, ale efektivního využití těchto technologií. Pravidelně používají simulace virtuální reality, které umožňují efektivní komunikaci a spolupráci v rámci projekčního týmu a také poskytují klientům možnost prohlédnout si návrhy v měřítku 1:1, vybírat si mezi variantami funkcí a požadovat případné změny (Aukstakalnis, 2017). Jedním z dalších způsobů, jak dosáhnout hloubky spolupráce, je využití postupů informačního modelování budov (BIM), které popisují proces, při němž architekti, inženýři a dodavatelé koordinují projektová data, výkresy, návrhy a další informace z různých oborů do jednoho virtuálního 3D modelu. Tradiční spolupráce se opírala o 2D výkresy a data z jednotlivých oborů, které se stohovaly, ověřovaly a ručně validovaly; BIM mísí a integruje data z mnoha disků a zdrojů do jediného, snadno dostupného virtuálního modelu. Dalším silným rysem metod BIM je možnost začlenit do modelu čtvrtý rozměr nebo časovou složku. Přiřazením informací o čase nebo harmonogramu k jednotlivým prvkům a sestavám 3D CAD mohou architekti, inženýři, dodavatelé a další zúčastněné strany vizualizovat přesný sled událostí ve 3D modelu v různých fázích projektu, což vede k lepšímu pochopení postupu výstavby a zlepšení celkového řízení projektu (Aukstakalnis, 2017). Systémy virtuální reality kromě toho, že pomáhají při navrhování a výstavbě se také osvědčily jako užitečný nástroj při prodeji

nemovitostí. Motorizovaná kamera Matterport namontovaná na stativu se otáčí v reálném čase a získává komplexní 3D prostorová data ve formě mračna bodů a fotografií s vysokým dynamickým rozsahem (HDR) (Thompson, 2024). Celý postup trvá jen několik krátkých hodin a zahrnuje pořízení několika snímků na trase, která se vine kolem domu nebo bytu pomocí softwaru v tabletu, který kameru ovládá. Poté se informace odešlou na cloudové servery společnosti Matterport, které snímky plynule propojí a vypočítají spojení mezi jednotlivými body tak, aby vytvořily polygonální síť (Aukstakalnis, 2017).

Školení a vzdělávání: Pro pracovníky ve specializovaných a rizikových funkcích, jako jsou hasiči, záchranáři, policisté, vojáci, chirurgové a další zdravotnický personál, nabízí virtuální realita (VR) efektivní, bezpečný a cenově dostupný výcvik. Z virtuální reality těží i odvětví školení. Například banka Bank of America poskytla 10 000 náhlavních souprav VR a společnost Walmart poskytuje školení VR svým zaměstnancům, kterých je milion. Virtuální realita (VR) zavádí inovativní pedagogické přístupy do akademických institucí tím, že studentům umožňuje přístup na dříve nedostupná místa a zapojuje je do vzdělávacího procesu. Například vyučující dějepisu mohou pomocí VR virtuálně přenést své žáky do starověkého Řecka nebo Číny (Yasar, 2024).

Zábava: Virtuální realita (VR) se hojně využívá pro zábavu, zejména ve videohrách. Pokud jde o vývoj technologie VR a poskytování hráčům pohlcujících zážitků, herní průmysl je v tomto směru na špici. Hry pro virtuální realitu poskytují hráčům možnost vstoupit do virtuálního prostředí, kde mohou zkoumat, zapojit se do boje a plnit cíle. S cílem poskytnout divákům nový pohled na příběhy a události nyní experimentuje s virtuální realitou i filmový a televizní průmysl. Filmy ve virtuální realitě umožňují divákům plně se ponořit do příběhu a zkoumat jej z mnoha perspektiv. Některé projekty využívají interakci s virtuální realitou a umožňují divákům utvářet příběh nebo se na něm podílet (Yasar, 2024).

Ozbrojené bezpečnostní sbory: Společnosti, jako je VirTra, poskytují armádě a policii technologie rozšířené reality a virtuální reality, které využívají k výuce vojáků v simulovaném prostředí, které je obohaceno o vizuální, zvukové a hmatové vstupy. S cílem pomoci policistům procvičovat přijímání zásadních rozhodnutí pod tlakem jim tyto technologie dokonce umožňují zvýšit nebo snížit úroveň simulovaných interakcí cvičících s osobami uvnitř virtuálního výcvikového prostředí. Pracovníci orgánů činných v trestním řízení a akademici z Alabamské univerzity spolupracovali na analýze mozkových vln během policejního výcviku ve virtuální realitě. Podle hlavního výzkumníka má toto úsilí potenciál „zlepšit výcvik policistů a pozitivně ovlivnit proces náboru“ (Thompson, 2024).

Integrace interaktivních a analytických funkcí do pohlcujících virtuálních světů otevírá téměř neomezené možnosti výuky ve VR. Výuka probíhá pro různá riziková povolání, včetně vojáků, pilotů, řidičů, lékařů a policistů. Virtuální realita má několik aplikací pro zlepšení kognitivních funkcí. Virtuální trénink může zlepšit několik dovedností, včetně vyjednávání, veřejného vystupování, truhlářství, oprav strojů, tance, atletiky a hudby. S rozšiřováním spotřebitelského trhu, technologickým pokrokem a lepšími znalostmi VR se budou objevovat nové aplikace. Internet a video technologie vytvořily nové možnosti vzdělávání a virtuální realita tento trend ještě posílí. Na světě existuje značný nevyužitý a nevyškolený potenciál. Mnozí se domnívají, že výjimeční umělci se rodí s vrozeným talentem, který je žene k úspěchu, ale tento potenciál rozkvetne pouze tehdy, když se spojí s pílí a správným vedením. Kolik lidí nedosahuje svého plného potenciálu v důsledku toho, že nemají přístup ke kvalitnímu vzdělání a vzdělávacím zdrojům? Jak často vystupují odborníci v konkrétních oborech. Ne vždy přikládáme zkušenostem dostatečnou váhu. Představte si společnost, v níž jsou nejvzdělanější pedagogové v každém oboru, kteří se realizují jako interaktivní ztělesnění, připraveni vést bystré mozky prostřednictvím praxe a výuky potřebné k úspěchu. Miliony lidí, jejichž schopnosti nejsou dostatečně využívány, by mohly mít z VR školení velký prospěch (Bailenson, 2018).

Omezenost využívání virtuální reality

Virtuální realita (VR) přináší uživatelům neobyčejné zážitky a možnost ponořit se do digitálního světa, který je odrazem lidské fantazie a technických možností. Přestože se tato technologie v posledních letech významně rozvinula, stále existuje celá řada limitů, které ovlivňují její využití a rozvoj.

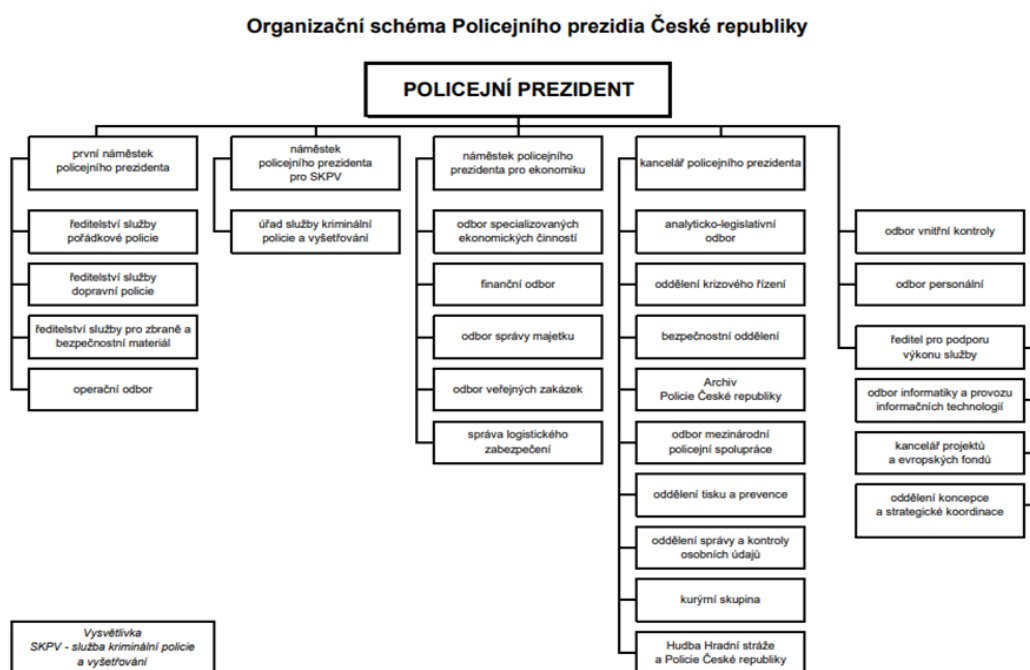
- Náklady.
- Software (zmenšení softwaru pro VR trvá, což může zvýšit počáteční cenu).
- Cybersickness (užívání může vést k nevolnosti, závratím a k mdlobám).
- Hmotnost.
- Nedostatek výhledu do okolí.
- Potenciální závislost.
- Grafické limity.
- Poškození očí. (Girdhar, 2025).

3 VIRTUÁLNÍ REALITA U POLICIE ČESKÉ REPUBLIKY

Policie České republiky (PČR) je hlavní bezpečnostní a trestněprávní složkou veřejné správy v České republice. Jejím hlavním posláním je zajišťovat veřejný pořádek, ochranu života, zdraví a majetku občanů a bojovat proti trestné činnosti. PČR má rozsáhlou organizační strukturu, která zahrnuje řadu specializovaných útvarů od kriminální policie až po dopravní a cizineckou policii. Její práce není omezena pouze na represii, ale také se aktivně angažuje v prevenci kriminality a podpoře bezpečného prostředí pro všechny občany. Nyní již začíná čím dál více využívat virtuální realitu pro modernizaci svých výcvikových programů a vyšetřovacích metod. V této kapitole se zaměříme na úkoly a povinnosti Policie ČR, současné trendy a technologie VR v policii.

Struktura Policie České republiky

Policie České republiky je komplexní instituce, která hraje klíčovou roli v zajištění veřejné bezpečnosti a ochraně práv občanů. Její podstata spočívá v třech základních principech: jednotnosti, ozbrojenosti a bezpečnosti. Jednotnost policie je zajištěna prostřednictvím služebně-právních vztahů, které stanovují hierarchickou nadřazenost a podřízenost mezi jednotlivými složkami policie. Organizační struktura policie je uzpůsobena centrálnímu řízení, přičemž krajská ředitelství mají určitou autonomii v rámci své působnosti, viz obrázek č. 4. (Čermák, 2012)



Obrázek 4 – Organizační struktura Policie České republiky (zdroj: Hanka, 2022)

Ozbrojenost policie je nezbytnou součástí jejího fungování. Policisté mají oprávnění nosit a používat zbraně v souladu s příslušnými právními předpisy. Tato oprávnění jsou pečlivě regulována, aby bylo zajištěno jejich odpovědné použití a minimalizace rizika pro veřejnost. (Čermák, 2012)

Bezpečnostní charakter policie je patrný v jejím úkolu chránit bezpečnost osob a majetku, udržovat veřejný pořádek a plnit úkoly stanovené trestním řádem a dalšími předpisy. Policisté mají za úkol předcházet trestné činnosti a aktivně reagovat na bezpečnostní hrozby, které mohou ohrozit společnost (Čermák, 2012). Dále je důležité zmínit, že policie není izolovanou institucí, ale součástí širšího systému bezpečnostních sborů, které mají podobné cíle a úkoly. Jejich práce je koordinována a integrována, aby bylo dosaženo co nejefektivnější ochrany veřejnosti. V neposlední řadě je třeba zdůraznit, že práce policie není pouze výkonem represe, ale také prevencí a komunitním zapojením. Policisté aktivně spolupracují s občany a místními komunitami, aby identifikovali bezpečnostní problémy a společně hledali jejich řešení. Tento přístup posiluje důvěru veřejnosti v policii a přispívá k celkové stabilitě a bezpečnosti společnosti.

Policie České republiky, vytvořená zákonem č. 283/1991 Sb., o Policii České republiky a později nahrazená zákonem č. 273/2008 Sb., představuje jednotný ozbrojený bezpečnostní sbor, jehož úkolem je sloužit veřejnosti. Organizace policie má centralizovanou strukturu s důrazem na hierarchické nadřízenosti a podřízenosti, což je typické pro bezpečnostní sbory. Podléhájí Ministerstvu vnitra, je vnitřně organizována do Policejního prezidia ČR, útvarů s celostátní působností a útvarů s územně vymezenou působností. Další funkce policejního prezidia nalezneme v závazném pokynu policejního prezidenta č. 137/2009, o organizaci Policie České republiky a č. 103/2013, o plnění některých úkolů policejních orgánů Policie České republiky. V čele policejního prezidia je policejní prezident genmjr. Mgr. Martin Vondrášek, který má sídlo v hlavním městě Praze. Ten je podřízený ministru vnitra, který zodpovídá za bezpečnost státu a vnitřní pořádek. Jsou mu přiděleny pravomoci, mezi které patří například navrhování zřízení, či zrušení útvarů policie s celostátní působností a rozhodování o útvarech v rámci krajských ředitelství.

Policejní prezídium má tři náměstky, z nichž každý je odpovědný za specifickou oblast činnosti policie. První náměstek se stará o uniformovanou policii, druhý o službu kriminální policie a vyšetřování a třetí o ekonomiku. Tyto struktury zajišťují efektivní provoz policie a plnění jejích úkolů ve prospěch veřejnosti. (Šteinbach, 2021).

3.1 Policie České republiky a její úkoly a povinnosti

Policie České republiky (Policie ČR) má klíčovou roli v zajišťování bezpečnosti a ochrany občanů České republiky. V § 2 zákona o policii je uvedeno, že policisté slouží lidem. Jejím účelem je zajišťovat bezpečnost osob a majetku, udržovat veřejný pořádek, předcházet trestné činnosti a plnit úkoly stanovené trestním řádem a dalšími příslušnými zákony, předpisy a smlouvami. Policie je považována za veřejnou službu podle čl. 2 odst. 3 Ústavy, který zdůrazňuje, že státní orgán slouží občanům. Hlavní povinností policie je sloužit veřejnosti tím, že využívá autoritu a omezuje osobní svobody ve prospěch společnosti. Pojem veřejného práva vyžaduje, aby se policie chovala ve stanovených mezích a v souladu se zákonem (Česko, 2008).

Policie podporuje službu veřejnosti prostřednictvím různých programů zaměřených mimo jiné na zvyšování informovanosti a zlepšování komunikace s obyvateli. Pro vymezení úkolů policie je zásadní pochopit pojmy veřejného pořádku a bezpečnosti, které jsou základem policejních operací.

Veřejný pořádek: V kolektivních organizacích se jednotlivci nemohou vždy svobodně vyjadřovat. V opačném případě by to bránilo soužití, omezovalo by to práva ostatních, bránilo by to organizaci v dosažení jejích cílů a možná by to vedlo k jejímu rozpadu. To ilustruje klíčový pojem veřejného pořádku, o němž bude pojednáno níže. Jednotlivci by se měli chovat tak, aby podporovali pokojné soužití občanů a nenarušovali vnitřní řád organizace. To zahrnuje i uspořádání vztahů jednotlivců se státem (Čermák, 2012). Zajištění veřejného pořádku policie dosahuje monitorováním a vyhodnocováním bezpečnostních hrozeb a provádějí opatření k zabránění trestné činnosti, jako je například zatýkání pachatelů (Česko, 2008).

Bezpečnost: Mluvíme o stavu, kdy chráněný zájem není ohrožen. Bezpečnost je založena na nebezpečí, které se týká rizika hmotného nebo tělesného poškození. Hlavním cílem policie je zajistit bezpečnost civilistů. Nebezpečí odkazuje na situaci, kdy je pravděpodobné, že brzy dojde k újmě. Jako taková představuje hrozbu pro veřejnou bezpečnost nebo pořádek (Čermák, 2012). Nejdůležitější činností je samozřejmě ochrana života, zdraví a majetku. Což může být poskytování pomoci a zajištění bezpečnosti při různých událostech, jako jsou dopravní nehody, přírodní katastrofy apod. Dále policie zajišťuje a dohlíží na dodržování zákonů a ochranu lidských práv. V případě porušení může vést vyšetřování trestných činů, které mohou vést k soudním procesům, nebo trestáním

ve formě přestupků v silničním provozu. Policie ČR je také povinna spolupracovat s dalšími bezpečnostními a trestně-právními subjekty jak na národní, tak mezinárodní úrovni, aby účinně plnila své úkoly a zajišťovala bezpečnost a ochranu občanů (Česko, 2008).

3.2 Současné trendy a technologie VR v Policii České republiky

Policie České republiky v posledních letech aktivně integruje technologie virtuální reality do různých oblastí své činnosti, což odráží současné trendy v této problematice.

Jednou z oblastí je výcvik a vzdělávání policistů, kde středočeská policie testuje simulaci výcviku ve virtuální realitě, konkrétně měly možnost ji vyzkoušet tzv. prvosledové hlídky. Pro účely výcviku byly vytvořeny tři modelové situace využívající tuto novou technologii – virtuální realitu, která by policistům umožnila interaktivně řešit problémy v prostředí téměř identické reality, tj. s realistickými zvukovými a vizuálními vstupy:

- Výcviková střelnice: Tento scénář zobrazuje policistu, který je konfrontován s agresivním nebezpečným pachatelem. Cílem je naučit policisty reflexům v krizových situacích a zvýšit jejich schopnost rychlé orientace a reakce.
- Bytový prostor: V tomto případě policisté narazí na ozbrojeného zločince v domácím prostředí. Důraz je zde kladen na zabezpečení vstupu a místa, snížení civilního nebezpečí a účinné zvládnutí situace.
- Školní objekt: Poslední scénář znázorňuje útok ozbrojeného útočníka ve škole. Policisté si procvičí koordinaci operací a rychlé rozhodování s cílem omezit škody a zachránit životy.

"Virtuální realita nám umožňuje trénovat naše policisty v bezpečném a kontrolovaném prostředí, které je velmi blízké reálným situacím a podmínkám, se kterými se mohou v praxi setkat. Tímto způsobem zvyšujeme jejich připravenost, schopnost rychle rozhodovat a reagovat v případech mimořádných událostí," uvedl ředitel středočeské policie, generál Václav Kučera (Policie České republiky, 2024).

Další oblastí je nácvik komunikačních a psychicky těžce zvladatelných situací, jimiž může například být sdělování tragédie, nebo obecně komunikace s mentálně narušenou osobou. Hlavním cílem tohoto projektu bylo vyvinout novou technologii, která by policistům umožnila osvojit si základní sociální schopnosti v náročných scénářích, které nelze adekvátně napodobit pomocí tradičních výukových technik. Výhodou VR je, že nabízí realistické a bezpečné prostředí, v němž mohou policisté dělat chyby, učit se novým

schopnostem a získávat zpětnou vazbu. Program byl vytvořen ve spolupráci s policejními školiteli, výzkumníky, psychology a technickými/grafickými odborníky a jeho účinnost byla později potvrzena mezinárodní srovnávací studií. Školení probíhá tak, že se účastníkovi (policistovi) nasadí 3D brýle a promítne se mu prostředí s virtuální osobou, která projevuje různé emocionální, verbální a neverbální reakce, viz obrázek č. 5. Úkolem uživatele je oznámit důležitou zprávu (například ztrátu dítěte při dopravní nehodě), přičemž jeho postup sleduje a hodnotí zkušený lektor, který zároveň vede výukový program VR. Tvůrcem technologie je studio 3dsense a zabývá se jím tým výzkumníků z Národního ústavu duševního zdraví v Praze a nizozemské Leidenské univerzity, vedený psycholožkou Eliškou Procházkovou. Projekt je řešen s finanční podporou TAČR a byl dokončen v roce 2023 (Policie VR, 2024).



Obrázek 5 – Zvládání náročné komunikace pomocí virtuální reality
(zdroj: Policie České republiky, 2021)

Poslední využití VR u Policie ČR, které zde zmíním, se týká náboru nových policistů a policistek, nazývané „Virtuální náborové centrum Policie ČR“. Vůbec první virtuální náborový portál nabízí inovativní metodu, která využívá současné technologie k efektivnímu předávání informací a vytváření vstřícné atmosféry pro všechny zájemce o práci u Policie České republiky. Centrum má zlepšit předávání prvotních informací zájemcům prostřednictvím filmů, informačních letáků a přímé interakce s náboráři. V rámci růstu náborového centra hodlá podnik v budoucnu přidat další funkce, například kalkulačku pro měření fyzické zdatnosti a inteligentního chatbota, který bude odpovídat na typické dotazy uchazečů (Policie ČR, 2024).

3.3 Virtuální realita při rekonstrukci místa trestného činu

Rekonstrukce scénáře TČ ve VR reprezentuje celý proces, zahrnující 3D rekonstrukci místa TČ ve VR (veškeré činnosti související s tvorbou, rekonstrukcí a následným zpracováním 3D repliky místa TČ), včetně návazných činností, kdy jsou výsledky 3D rekonstrukce využity k tvorbě virtuálních verzí vybraných kriminalisticko-taktických metod.

Pokroky ve forenzní dokumentaci vedly ke zvýšenému zájmu o 3D rekonstrukci místa činu. Praktické využití, které Jiří Ševčík zmiňuje ve své disertační práci, se zaměřuje na zvýšení přesnosti a rychlosti 3D rekonstrukce. Využití snímání a zobrazování ve forenzních vědách vychází z publikací, které se zabývají autenticitou přesunu fyzických předmětů do digitálních formátů. Prostorová rekonstrukce vytváří 3D reprezentace, které pro pochopení vyžadují další zpracování. Je tedy možné předměty animovat, což umožňuje vizuální zobrazení jejich základních vlastností ve 3D prostoru. V této části jsou představeny metody a principy virtuální reality při rekonstrukci místa trestného činu. Tyto aplikované vědecké metody a technické postupy jsou psány vzhledem k času jejich použití na případu (Ševčík, 2022).

Typy 3D rekonstrukce místa TČ

- Zjednodušená geometrická rekonstrukce – jedná se o zobrazení základních stavebních prvků zájmového prostoru pomocí jednoduchých geometrických těles se schematickou strukturou, která jsou případně k dispozici v otevřených databázích (např. simulace balistické dráhy střely, šíření požáru apod.).
- Autentická rekonstrukce – upřednostňuje detailní zobrazení prostorových komponent před zjednodušenými vizualizacemi. Cílem je obnovit geometrii, texturu zájmových prvků a mimo jiné vyvolat u uživatele výrazné pocity spojené s daným místem.
- Autentická fotorealistická rekonstrukce – zde hraje grafické zpracování významný vliv při vnoření účastníka. Třetí forma 3D rekonstrukce se zaměřuje na přesné zpracování jednotlivých objektů ve scéně při zachování optických vlastností použitých materiálů.
- Účelová hybridní rekonstrukce – tento poslední typ 3D rekonstrukce je kombinací všech doposud zmíněných typů. Výsledná 3D rekonstrukce je tvořena z více modelů, které nemusí být sestaveny se stejným významem (Ševčík, 2022).

Metody

Nejprve dochází k aplikovaným vědeckým metodám analýze a syntéze. Analýza je proces rozkladu nějakých delších konceptů nebo systémů na menší součásti s cílem lépe pochopit jejich obsah a funkci. Jako automobilový technik, který rozebírá auto, aby všem jednotlivým součástkám lépe porozuměl. Zatímco syntéza je proces integrace více aspektů nebo myšlenek s cílem vytvořit něco nového. Automobilový technik se naopak snaží z jednotlivých součástí vytvořit něco nového tím, že je poskládá do sebe (Ševčík, 2022).

Následně se použijí dvě metody bezkontaktního reflexivního skenování, kterými jsou terestriální laserové skenování (dále „TLS“) na principu měření doby letu paprsku a fotogrammetrie. Obě technologie lze kombinovat, aby se vytvořil realistický interaktivní model místa činu, který lze prohlížet a analyzovat ve VR. TLS poskytuje přesné geometrické podklady v řádu milimetrů, jako jsou například i samotné otisky prstů, aby model odpovídal realitě a dokázal zachytit i důležité detaily. Fotogrammetrie dodává realistické textury, čímž model působí přirozeněji díky více pořízeným fotografiím z různých úhlů. K tomu je velice užitečné kombinovat laserové skenování s úpravou povrchů sublimačním zmatňujícím sprejem. Tento speciální sprej umožní lépe nasnímat určitou část tím, že rovnoměrně pokryje povrch tenkou zmatňující vrstvou, zvláště když je povrch zrcadlový či lesklý. Je třeba si dávat pozor, aby se omylem nezahradily důležité stopy, jako například otisky prstů. Jak jsem již uvedl, jedná se o sublimační sprej, což znamená, že se vrstva po dokončení skenování postupně odpaří (sublimuje) a to i s případnými otisky prstů (Ševčík, 2022).

Další a zároveň poslední přístroj, který zmíním, je fotogrammetrie předmětů s využitím křížové polarizace. Tento přístroj se také využívá ke zlepšení skenování reflexních povrchů s využitím dvojúrovňové polarizace, jak na straně osvětlení, tak i na straně snímacího zařízení. Výhoda u této metody spočívá v tom, že nemění fyzický povrch pro případné ztráty již třeba zmíněných otisků prstů apod. a pouze odstraňuje světelné odlesky, bohužel ne vždy je 100 % účinná. Každá metoda má své výhody a nevýhody. Nejprve je však lepší zkusit využít polarizaci, jestli u dané snímátné expozice lze mít kontrolu nad světelnými podmínkami. Pakliže nelze nebo se metoda neodsvedčila, může se aplikovat sublimační sprej (Ševčík, 2022).

Třetí metodou jsou softwarové nástroje 3D rekonstrukce, které jsou klíčovým nástrojem pro dokumentaci, analýzu a simulaci události pro dané místo činu. Software umožňuje důvěrné vyobrazení prostoru, důkazů a jejich vzájemných vztahů. Zmíním zde

softwarový nástroj RealityCapture, který se neustále upgraduje k využívání a zjednodušení procesů 3D rekonstrukce na daných událostech (Ševčík, 2022).

Poslední metodou jsou vývojová prostředí virtuálních realit, která umožňují integraci výše zmíněných přístrojů jako mračna bodů, fotogrammetrických modelů a laserových skenů do VR. Pro lepší vysvětlení pojmu „mračna bodů“ si můžete představit hustou síť bodů rozmístěných různě v prostoru, která tvoří digitální otisk reálného objektu či scény. Namíří se laserový skener na místnost a přístroj změří několik bodů, které odpovídají naskenovanému místu. Výsledkem je detailní 3D model, který je složený z daných bodů. Za zmínku stojí určitě vývojové prostředí pro VR Unreal Engine, který je jeden z těch pokročilých, podporuje realistické osvětlení, fyziku a animace, je vhodný pro simulace pohybu osob a trajektorie střel (Ševčík, 2022).

3.3.1 Aplikace VR v kriminalistice v jiných zemích

Některé země využívají virtuální realitu (VR) v kriminalistice. V České republice pracují akademici na technologiích, které umožní detektivům vyšetřovat místa činu ve virtuální realitě. Tato metoda umožňuje kriminalistům procházet se po digitálně rekonstruovaném místě činu a zkoumat detaily, aniž by museli být fyzicky přítomni.

Švýcarsko vytvořilo první prototyp forenzního VR systému v roce 2013 s využitím první vývojové sady Oculus Rift. Od té doby technologie rychle pokročila, zvýšila rozlišení displeje a zavedla nové funkce, jako jsou sledovací ovladače, bezdrátové HMD a VR v místnosti. V předchozích sedmi letech byly vytvořeny tři významné aplikace VR, které byly použity v různých případech ve východním Švýcarsku. Nová zlepšení navrhuji státní zástupci a soudci. K dnešnímu dni byla VR využita pro následující účely.

- Vizualizace a zobrazení 3D scén trestných činů orgánům činným v trestním řízení.
- Jako nástroj pro forenzní odborníky k provádění 3D rekonstrukcí.
- K zachycení výpovědi znalce nebo svědka na 3D zaznamenaném místě činu (Sieberth, 2021).

V Německu pomáhala virtuální realita vytvořit tábor Osvětim při dopadení posledních nacistických zločinců. Bavorský státní kriminální úřad (LKA) v Mnichově pomáhal německým prokurátorům a policii vyšetřovat poslední zbývající nacistické válečné zločince. Tím, že se mohli ponořit do mimořádně autentické 3D repliky Osvětimi. Tábor ve VR poskytuje technologii 21. století pro zjišťování faktů v rámci posledních soudních procesů

s oběťmi holocaustu a je součástí pokračující snahy německého právního systému řešit zvěrstva spáchaná před sedmi desetiletími. Model VR, který vytvořil odborník na digitální zobrazování Ralf Breker z LKA, živě zobrazuje nechvalně proslulý nacisty řízený tábor v okupovaném Polsku, kde během druhé světové války zahynulo více než 1,1 milionu lidí (News.com.au, 2016).

V Pekingu byla technologie virtuální reality (VR) poprvé použita v soudním řízení k rekonstrukci trestného činu. Svědek s brýlemi VR rekonstruoval události na místě vraždy, při níž obžalovaný napadl oběť nožem. Tato průlomová technika byla součástí nového vizualizačního systému, který umožňuje prezentovat důkazy pomocí 3D grafiky, textu a videa, což je přímočařejší a přehlednější než staré způsoby. VR se obecně nejvíce využívá v Číně (Xinhua, 2018).

Jedno z aktuálních a vůbec vlastně průlomových použití bylo 14. prosince 2024 v případě na Floridě. Soudce použil u soudu náhlavní soupravu Oculus Quest 2 VR v rámci důkazního řízení, aby si prohlédl rekonstrukci místa činu vytvořenou odborníkem obhajoby. Tato technologie VR umožnila soudci a porotě sledovat simulaci místa činu z pohledu obžalovaného, což se v této jurisdikci stalo poprvé. Příchod VR do soudních síní spolu s množstvím pokroků v oblasti umělé inteligence v posledních letech přináší převratný přístup k předkládání důkazů. Tento přístup zdůrazňuje potenciál VR pro zlepšení znalostí o obtížných otázkách, ale také vyvolává otázky týkající se etiky, bezpečnosti a možnosti předsudků při soudních procesech (MacDonald, 2025).

4 DÍLČÍ ZÁVĚR

Teoretická část práce systematicky shrnuje základní poznatky o kriminalistice a virtuální realitě. Byly představeny základní pojmy a právní rámec, které tvoří základ pro jakoukoli odbornou práci v oblasti kriminalistiky. Respektování platných právních předpisů jsou zcela klíčové pro vyšetřování a pro pozdější využitelnost v soudním řízení.

Dále je provedena analýza současných kriminalistických metod, mezi něž patří zejména dokumentace, ohledání místa činu a zvláštní způsoby dokazování, jako je rekonstrukce místa činu a vyšetřovací pokus. Zároveň poukazuje na propojení moderní technologie jako virtuální realita. Z provedené analýzy současných metod a postupů vyplývá, že klasické metody mají své limity, zejména v oblastech:

- subjektivní lidské chyby,
- omezené přesnosti záznamu,
- zkreslení obrazu,
- potenciální manipulace s důkazním materiálem,
- časové a finanční náročnosti,
- vizuálních omezení dvourozměrných záznamů.

Následně je rozebrána problematika virtuálního prostředí a principů virtuální reality. Teoretické poznatky potvrzují, že historický vývoj této technologie v posledních letech prochází velkou revolucí. Virtuální realita již není využívána pouze v oblasti zábavního průmyslu, ale nachází stále širší uplatnění i ve veřejném sektoru, včetně kriminalistiky. Moderní nástroje umožňují vytvářet detailní trojrozměrné modely, které lze následně interaktivně využívat a analyzovat ve virtuální realitě.

Další část práce se věnuje využití virtuální reality u Policie České republiky. Popisuje její současné využívání a jak přesně virtuální realita přispívá v policejní praxi. Znázorňuje také hlavní přínosy virtuální reality ke zvýšení přesnosti v rámci rekonstrukce místa činu a možné prezentaci výsledků před soudem.

Praktická část této práce navazuje na teoretická východiska a přenáší získané poznatky do konkrétní aplikace v oblasti digitalizace a vizualizace místa činu.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 PRACOVNÍ POSTUP TVORBY SCÉNÁŘE V APLIKACI VIRTEVID

U vývojářského softwaru Unreal Engine 5.4.4 (dále jen UE), došlo k návrhu VR aplikace, která umožní vytvoření a prohlídku virtuální scény. Tento systém digitalizace procesu představuje schopnost vytvořit prostředí ve virtuální realitě při rekonstrukci scénáře místa trestného činu. Měl by sloužit jako úplné ponoření zúčastněné osoby do místa trestného činu. Zatímco samotná 3D rekonstrukce místa trestného činu ve VR zahrnuje vytvoření, rekonstrukci a zpracování 3D modelu zkoumaného místa. Tak rekonstrukce scénáře trestného činu ve VR zahrnuje 3D rekonstrukci lokality a další návazné činnosti. Výsledky jsou pak použity k vytvoření virtuálních verzí konkrétních forenzních taktik.

Tato kapitola pojednává o postupu vypracovat rekonstrukci scénáře místa trestného činu již od prvního kroku. Prvním krokem byl sběr dat z reálného prostředí pouze mobilním fotoaparátem, které bylo následně vypracováno v určených softwarových programech, až po výslednou vizualizaci fiktivní scény, kterou bylo možné pozorovat i ve VR simulaci.

Klíčové parametry zahrnují především vybrané stopy nalezené na místě činu a vizuálně zaznamenané stopy, tedy všechny skutečnosti, které jsou pozorovatelné pouhým okem.

5.1 Použité metody pro sběr dat

V rámci této kapitoly byl proveden sběr dat nezbytných pro tvorbu a prezentaci 3D modelu místa činu. K realizaci tohoto procesu bylo využito následujících metod:

Polostrukturovaný rozhovor s kriminalistickým technikem

Součástí sběru dat byla také konzultace s kriminalistickým technikem (dokumentarista), který si přál zůstat v anonymitě. Po úvodní osobní konzultaci byl respondentovi zaslán soubor celkem 29 otázek prostřednictvím e-mailu, na které následně písemně odpověděl. Otázky se zaměřovaly na současné metody ohledání místa činu a možnosti propojení těchto postupů s technologií virtuální reality. V rámci úvodní otázky respondent krátce představil svou roli jako kriminalistický technik:

„Hlavní role technika při ohledání místa činu spočívá v komplexní dokumentaci místa činu a samozřejmě při vyhledání, zajištění a zabalení stop. To znamená v praxi prvotní dokumentaci místa činu tak, aby bylo jasné, jaký byl stav na místě ihned po příjezdu technika a výjezdové skupiny. Dále se po domluvě s vedoucím výjezdu (zpravidla vyšetřovatelem)

stanoví postup ohledání, který se následně dokumentuje. Zároveň se provádí označování případných nalezených stop čísly (aby nedošlo k jejich záměně) a dokumentace těchto stop. Stopy se následně zajistí, zabalí a nachystají k převozu do laboratoře k dalšímu zpracování.“

Tento způsob sběru dat byl zvolen s ohledem na časové možnosti respondenta a umožnil získat podrobné a promyšlené odpovědi na specifická témata. Kompletní znění rozhovoru je uvedeno v Příloze 1.

Hardwarové nástroje: Mobilní telefon

Pro nafocení objektu, který byl následně převeden do 3D modelu v UE, byl použit iPhone 13 mini. Tento kompaktní smartphone od Apple je vybaven pokročilým fotoaparátem, kterého je možné i využít ke sběru dat pro naši metodu. Díky své malé velikosti a nízké hmotnosti byl iPhone 13 mini snadno ovladatelný při systematickém fotografování z různých úhlů a výšek. Parametry fotoaparátu jsou:

- **Širokoúhlý objektiv:** 12 MP, světelnost $f/1.6$. Tento objektiv je vhodný pro zachycení detailů a běžných scén ve standardních podmínkách. Díky vyšší světelnosti ($f/1.6$) je také lepší při horších světelných podmínkách a umožňuje ostřejší snímky detailů. Viz obrázek č. 6.



Obrázek 6 – Detailní snímek předmětu
(zdroj: vlastní)

- **Ultraširokoúhlý objektiv:** 12 MP, světelnost $f/2.4$, zorné pole 120° . Umožňuje zachytit větší část prostoru na jeden snímek, což je při skenování větších nebo členitých místností zásadní výhoda. Umožňuje efektivnější workflow, protože je potřeba méně snímků k pokrytí konkrétního prostoru, viz obrázek č. 7.



Obrázek 7 – Snímek pokrývající větší část prostoru (zdroj: vlastní)

Objekt

Jako objekt vybraný k realizaci 3D modelu místa činu, byla zvolena domácí posilovna.

Popis skenované místnosti:

- Jedná se o dvě propojené místnosti, které slouží jako domácí posilovna. Obě místnosti mají obdélníkový tvar s rovnými stěnami a stropem s centrálním osvětlením (dlouhá žárovka).
- Přechody mezi stěnami, podlahami a stropy jsou jednoduché, což usnadňuje fotogrammetrické zpracování.
- Propojení obou místností představuje schodek a odsuvné dveře, jde se o důležitý prvek pro správné propojení v 3D prostoru.

Místnosti jsou vybavené posilovacími nástroji (činky, boxovací pytel, hrazda, lavice apod.), které poskytují možnost vytvořit interaktivní model s realistickými prvky

Sběr dat pro 3D model „Posilka“

Pro následný sběr dat určených k vytvoření výsledného modelu byly realizovány dva pokusy. První pokus sloužil k identifikaci chyb a nedostatků v procesu sběru dat, které byly následně analyzovány a v druhém pokusu odstraněny a vyřešeny.

1. pokus sběru dat

První pokus o sběr dat byl spíše experimentální a nebyl řízen žádnými pevnými pravidly. Jednalo se o tzv. „focení za pochodu“, kdy hlavním cílem bylo co nejrychleji zachytit všechny úhly pohledu místnosti, avšak bez důrazu na systematický přístup nebo precizní techniku. Fotografování probíhalo za běžné chůze, což vedlo k větším rozestupům mezi jednotlivými snímky a nedostatečnému překrytí fotografií, které je klíčové pro kvalitní rekonstrukci v softwaru. Tento pokus však poskytl cenné zkušenosti pro následující sběr dat, kde bylo možné se od těchto chyb odrážet.

2. pokus sběru dat

Pro lepší vizuální zobrazení rekonstrukce scénáře byl uskutečněn opakovaný sběr dat pomocí fotoaparátu Iphone, přičemž byly důsledněji dodržovány pravidla:

- systematické skenování místnosti,
- dostatečný počet fotografií,
- překrytí mezi snímky,
- různé úhly a výšky,
- plynulý pohyb při focení,
- správné osvětlení,
- a kompletní pokrytí místnosti.

Postup pořizování snímků, „obchůzky“

- Při první obchůzce byl mobil držen u hlavy čelem ke zdi a byla zachycena horní část místnosti a detaily ve výšce očí. Obvod obou místností byl pomalou chůzí obejít.
- Při druhé obchůzce byl mobil držen u kolen čelem ke zdi a byla zaznamenána spodní část místnosti a detaily v oblasti kolen
- Při třetí obchůzce byl mobil nakloněn od hlavy k zemi čelem ke zdi a byly pořízeny snímky přechodů mezi stěnami a podlahou, včetně detailů v dolních rozích.

- Při čtvrté obchůzce byl mobil nakloněn od kolen ke stropu čelem ke zdi a byly zachyceny přechody mezi stěnami a stropem a detaily v horních rozích.
- Při páté obchůzce byl mobil držen u hlavy čelem od zdi a byly zaznamenány detaily stěn a přechody mezi stěnami a podlahou z pohledu do místnosti.
- Při šesté obchůzce byl mobil držen u kolen čelem od zdi a byly zachyceny detaily spodní části stěn, přechody mezi stěnami a podlahou a další prvky blízko země.
- Při sedmé obchůzce byl mobil nakloněn od hlavy k zemi čelem od zdi a byly pořízeny snímky přechodů mezi stěnami a podlahou, detailů spodních rohů a dalších prvků blízko země.
- Při osmé obchůzce byl mobil nakloněn od kolen ke stropu čelem od zdi a byly zachyceny detaily horních částí místnosti z pohledu od stěn do prostoru.

Doplňující záběry

Pro následnou kompletaci 3D modelu „Posilka“ bylo zapotřebí pořídit dodatečné snímky z různých úhlů pohledu. Byly pořízeny fotografie stropu, podlahy, záběry z rohů místnosti, stejně jako detailní snímky horních a spodních lišt. Dále byly zaznamenány konkrétní předměty z více úhlů pro zachycení specifických detailů a jejich zobrazení z různých stran. Následně byly detailně zdokumentovány všechny rohy v obou místnostech, nejprve byly pořízeny snímky zachycující celý roh v rovině pohledu, poté byly pořízeny fotografie se sklonem směrem nahoru pro zachycení stropu a následně směrem dolů pro zaznamenání podlahy.

Pro zvýšení komplexnosti dokumentace byla pořízena i krátká videodokumentace, při níž bylo provedeno procházení místnostmi a zaměření kamery na důležité prvky a klíčové objekty. Tato videa umožnila zachytit dynamiku prostoru a plynulé přechody mezi jednotlivými částmi místností, což přispělo k věrnější prostorové rekonstrukci výsledného 3D modelu.

5.2 Zpracování dat

Po sběru dat následovalo jejich zpracování pomocí programů na vytvoření 3D modelu pro jeho samotnou vizualizaci.

Ještě, než dojde ke zpracování dat, bylo potřeba provést důkladnou prověrku fotografií, které budou použity v následujících programech k vytvoření 3D modelu. Při kontrole fotografií bylo potřeba se zaměřit na následující aspekty, kterými jsou:

- Ostrost snímků – vyřazení nekvalitních fotografií.
- Překrytí mezi snímky – každý snímek by měl mít překrytí alespoň 50–70 %.
- Zachycení všech klíčových prvků místnosti – jako jsou rohy, lišty, přechody mezi stěnami a stropem nebo podlahou a další.

Použité softwarové nástroje na vytvoření 3D modelu

- Reality Capture 1.5.1.
- Jawset Postshot.
- Editor – SuperSplat.
- Unreal Engine 5.4.4.

Postup vytváření 3D modelu „Posilka“

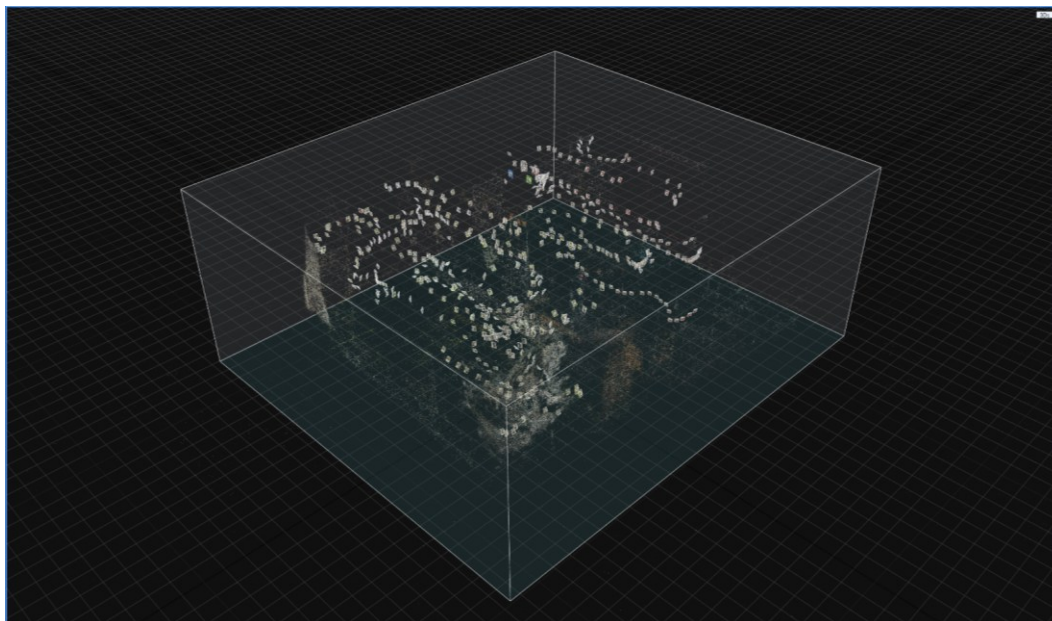
Postup zpracování dat byl tvořen následujícími kroky. V první fázi byla provedena registrace jednotlivých snímků, na jejímž základě byl vytvořen tzv. „Sparse Point Cloud“ obsahující kalibrační parametry kamerových snímků. K realizaci tohoto procesu byla využita prověřená metoda dlouhodobě aplikovaná v rámci fotogrammetrických postupů. Tato metoda zajistila selektivní výběr pouze těch snímků, které vykazovaly dostatečný vzájemný překryv. Uvedený přístup představoval výchozí experimentální nastavení, jež umožnilo dosažení vysoké kvality výsledného 3D modelu.

5.2.1 Import fotek

Prvním krokem po dokončení sběru dat bylo vložení pořízených fotografií a videí do softwaru RealityCapture. Tento pokročilý fotogrammetrický nástroj umožňující tvorbu realistických 3D modelů z obrazových záznamů nebo laserových skenů byl využit přímým přetažením souborů do hlavního pracovního okna aplikace.

Na obrázku č. 8 bylo zachyceno pracovní prostředí programu po provedeném importu. Trojrozměrný prostor byl inicializován tzv. řídkým bodovým mrakem (sparse point cloud), jenž byl vizuálně reprezentován bílými tečkami. Tato struktura vznikla automatickou

registrací snímků. Řídký bodový mrak představoval základní stavební prvek pro následné generování hustého bodového mraku (dense point cloud) a finálního 3D modelu.



Obrázek 8 – Vytváření modelu (zdroj: vlastní)

Po registraci jednotlivých kamer byl proveden následný export dat, který byl tvořen dvěma soubory: „Export Sparse Point Cloud“ a „Export Internal/External Camera Parameters“, viz obrázek č. 9.

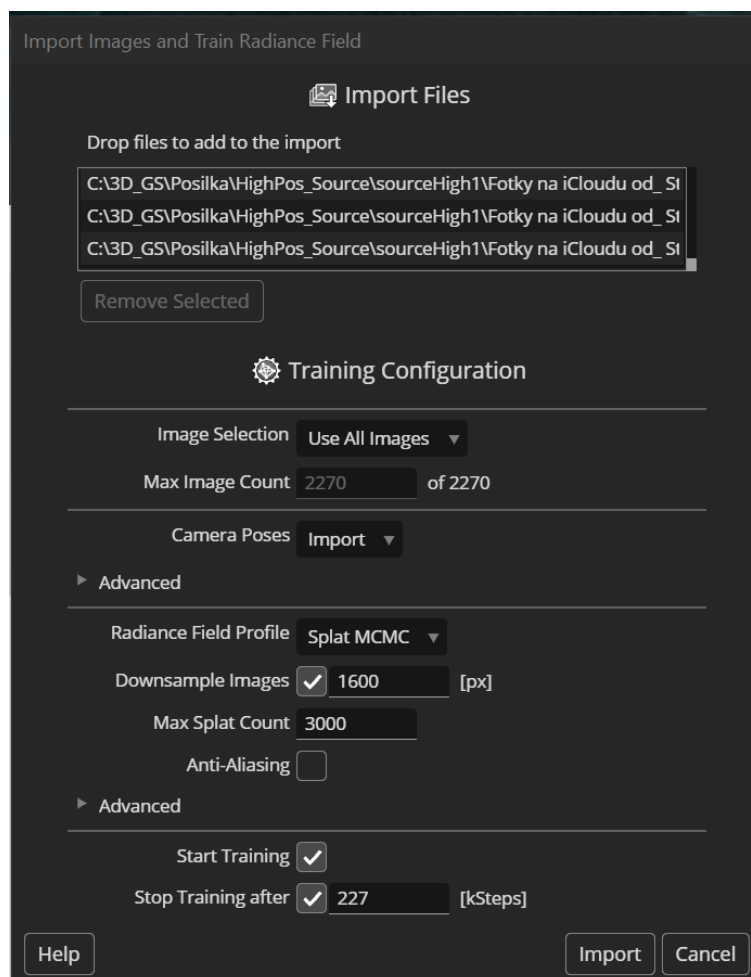


Obrázek 9 – Export dat
(zdroj: vlastní)

Soubor „Export Sparse Point Cloud“ obsahoval řídký bodový mrak, jenž představoval základní strukturu scény vytvořenou pro zarovnání fotografií. Pomocí funkcí „Alignment“ a „Point Cloud“ byl zvolen formát „Sparse Point Cloud as Polygon File Format (.ply)“ a následně byl soubor uložen jako „posilka3rd.ply“.

Druhý vyexportovaný soubor obsahoval informace o zarovnání kamer, včetně jejich pozic, orientace a dalších parametrů, které byly nezbytné pro následné zpracování v externích programech a uložen ve formátu CSV jako „posilka3rd.csv“.

Dále byl použit program PostShot pro generování Gaussian Splats. Je to pokročilý nástroj pro tvorbu a analýzu 3D modelů. Byla do něho nahrána složka, která obsahuje výše zmíněný soubor kamer (CSV), bodový mrak (PLY) a zdrojové fotografie. Po importu byly nastaveny parametry výpočetního procesu, jako byl počet iterací a maximální počet splatů, viz obrázek č. 10.



Obrázek 10 – Nastavení parametrů modelu

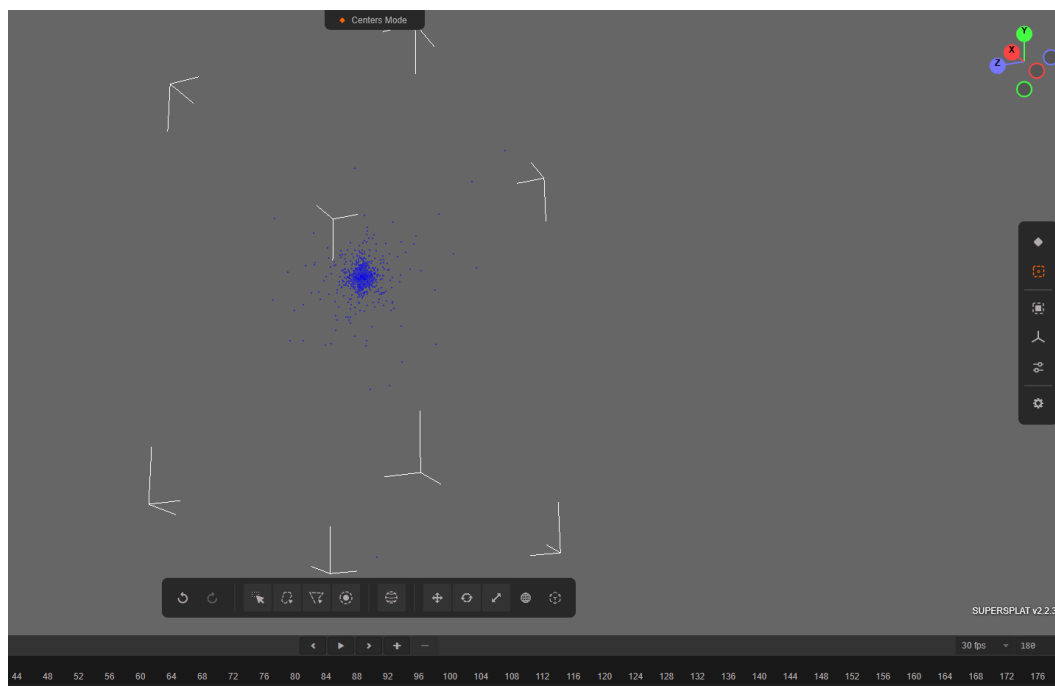
(zdroj: vlastní)

Po dokončení výpočetního procesu byl model z aplikace PostShot exportován pomocí funkce tlačítka „File“ a volby „Export Splat Model“. Jako formát exportu byl vybrán PLY a soubor byl následně uložen do příslušné složky. Finálním krokem bylo vložení modelu do programu SuperSplat, kde byly využity pokročilejší nástroje pro doladění, ořezávání a samotné publikování modelu.

5.2.2 Úprava 3D modelu

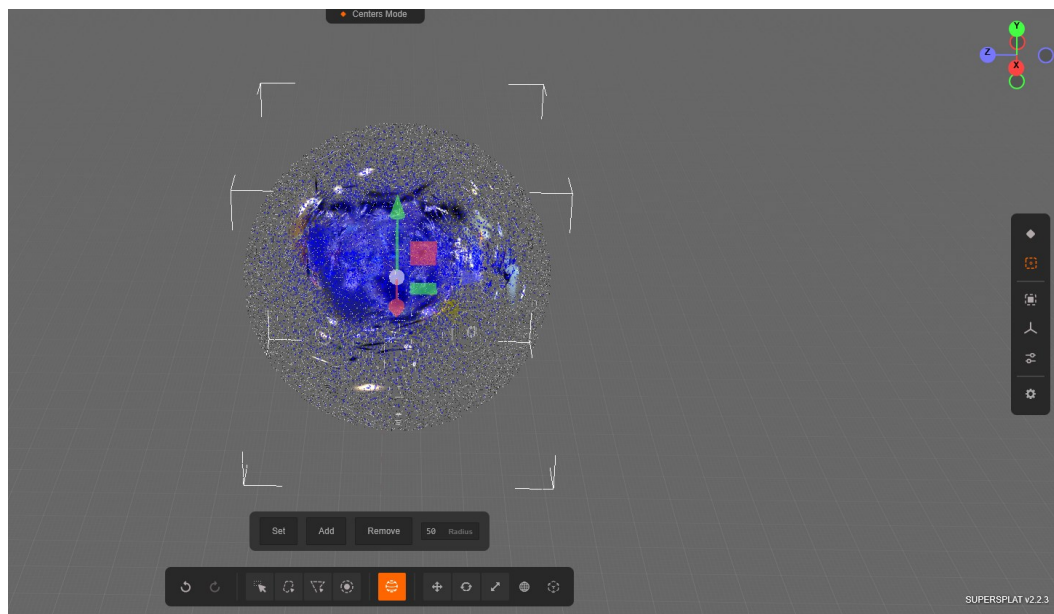
Pro zpracování 3D modelu v editoru SuperSplat byl nejprve importován soubor ve formátu PLY obsahující Gaussovské splaty. Po importu byl bodový mrak automaticky zobrazen jako barevná 3D struktura s možností interaktivní navigace v prostoru.

Pro lepší orientaci v modelu byly využity režimy zobrazení „Centers Mode“ a „Rings Mode“, jak bylo znázorněno na obrázku č. 11. V režimu Centers Mode byly zobrazeny pouze jádrové pozice Gaussovských splatů jako diskrétní body, zatímco Rings Mode umožnil vizualizaci prostorového rozsahu jednotlivých splatů pomocí koncentrických kružnic. Tyto režimy byly použity k identifikaci nežádoucích částic a optickému oddělení hlavního objektu od okolního šumu.



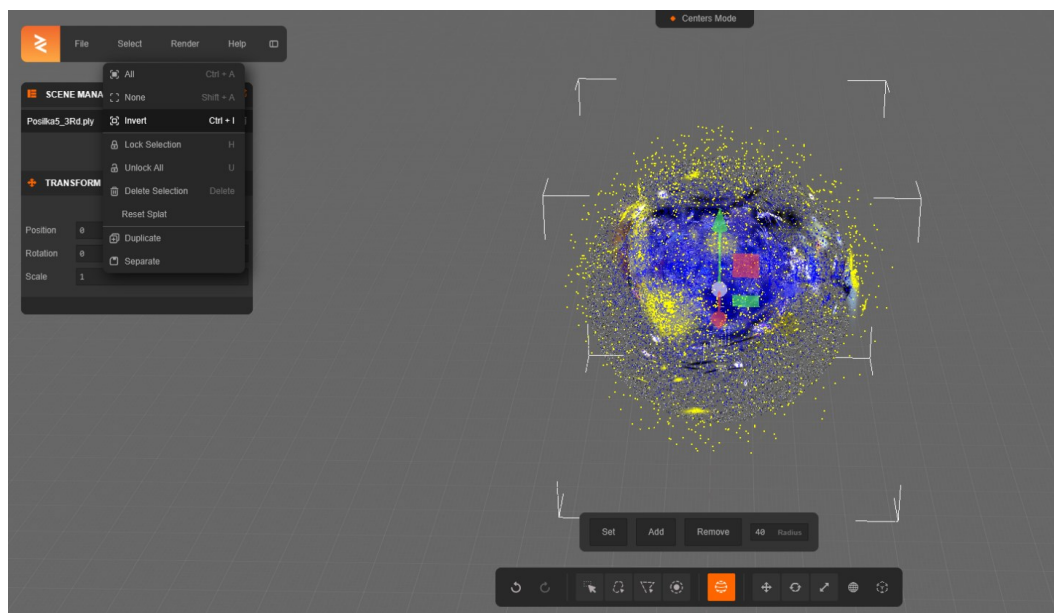
Obrázek 11 – Počáteční model (zdroj: vlastní)

Prvním krokem byl v editoru proveden výběr oblasti pomocí nástroje „Sphere Select“ (ikona koule). Touto funkcí byla označena část bodového mraku prostřednictvím kulového výběru, jak bylo znázorněno na obrázku č. 12. Oblasti, kterých bylo potřeba se zbavit, byly tímto způsobem vybrány. Poloměr výběru (radius) byl nastaven podle velikosti oblasti, kterou bylo nutné ovlivnit.



Obrázek 12 – Označení modelu (zdroj: vlastní)

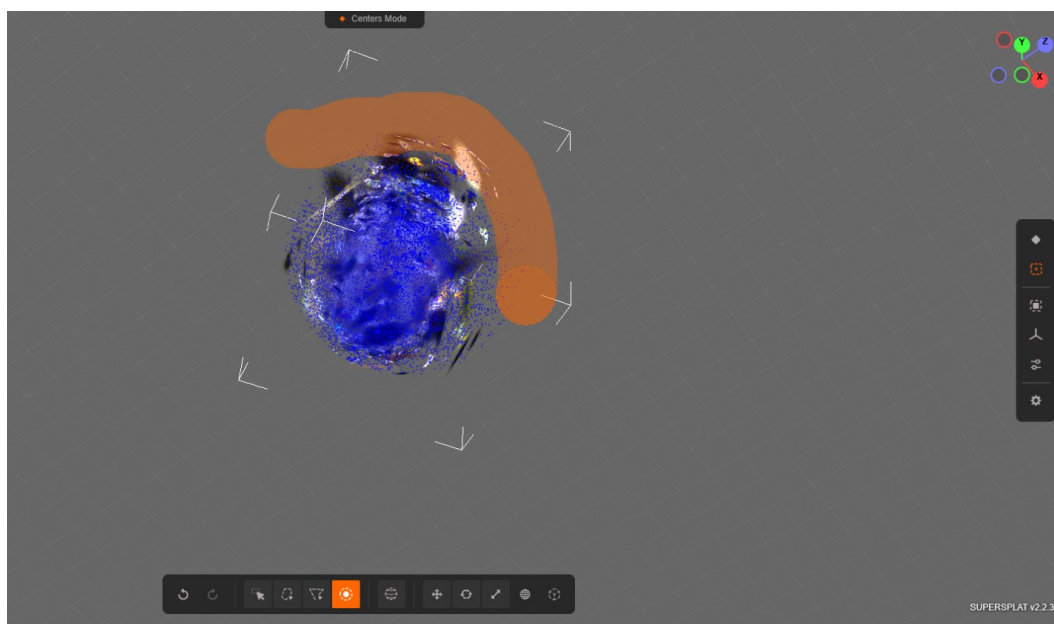
Po nastavení velikosti poloměru byla použita funkce „Invert“, díky níž byla zachována pouze část modelu nacházející se ve zvoleném poloměru (radius). Zbývající části modelu, které nebyly označeny, byly následně odstraněny. Na obrázku č. 13 bylo znázorněno žluté označení oblasti bodového mraku určené k vymazání. Před použitím funkce „Remove“ bylo nutné zkontrolovat správnost výběru, aby nedošlo k odstranění klíčových bodů.



Obrázek 13 – Použití funkce Remove (zdroj: vlastní)

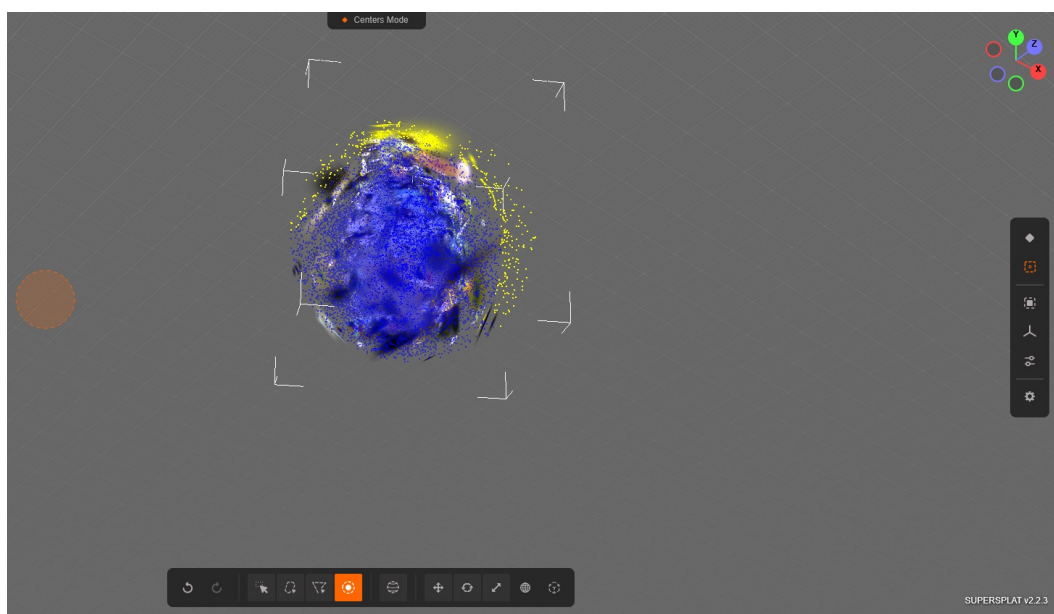
Pro jemný ořez byl použit nástroj „Brush Selection“, jak bylo ilustrováno na obrázku č. 14. Tento nástroj byl využíván na stejném principu jako virtuální štětec v grafických

editorech, což umožnilo přesné označení malých oblastí. Díky tomuto nástroji byly odstraněny zbývající nežádoucí body, které nebyly eliminovány předchozími metodami.



Obrázek 14 – Použití funkce Brush Selection (zdroj: vlastní)

Opět bylo třeba dbát na to, aby při použití nástroje „guma“ nebyly omylem odstraněny žádoucí části modelu, jak bylo znázorněno na obrázku č. 15. Vzhledem k tomu, že se jednalo o 3D model, a nikoliv o model 2D, bylo nutné modelem manuálně rotovat a případně odstranit zbývající nežádoucí body i z jiných úhlů pohledu.



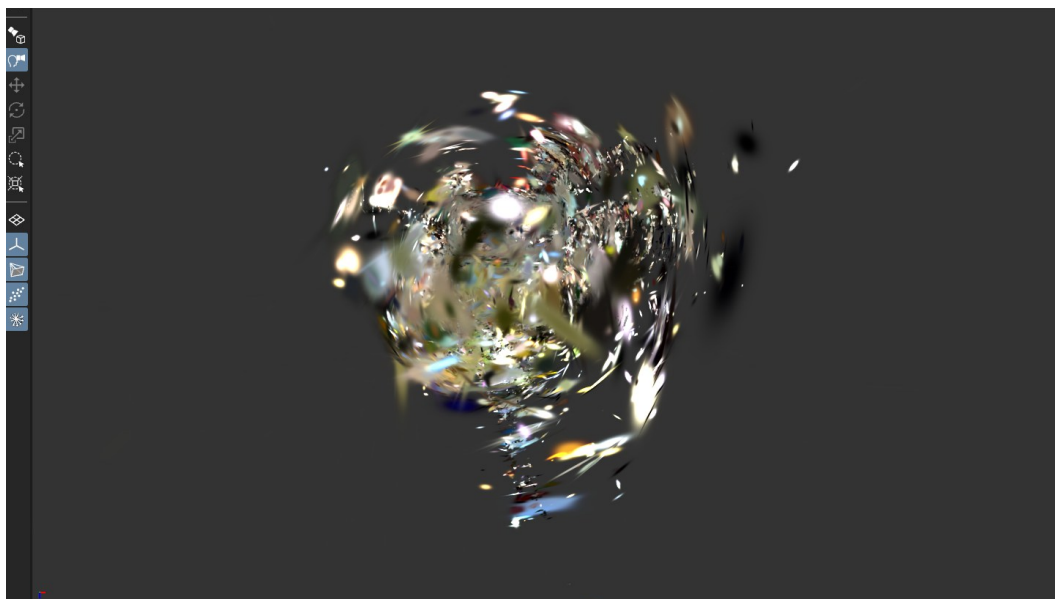
Obrázek 15 – Použití funkce Brush Selection (zdroj: vlastní)

V konečné fázi byl proveden export zvoleného vyčištěného modelu ve formátu PLY pro další použití v aplikaci PostShot. V tomto kroku bylo doporučeno experimentovat a vytvořit více verzí ořezu, neboť první ani druhý pokus nemusel být vždy ideální. Tato skutečnost byla znázorněna v následujícím kroku.

5.2.3 Výběr modelu

Posledním krokem byl v programu PostShot proveden výběr ideální verze modelu. V tomto programu byla provedena analýza a testování několika upravených verzí modelů, které byly naimportovány z programu SuperSplat. Kamera byla otáčena kolem modelu a bylo kontrolováno, zda model není příliš hustý, nebo naopak nepostrádá žádné důležité části a detaily.

Na první verzi modelu bylo zjištěno, že působí roztříštěně, jak bylo patrné na obrázku č. 16. Některé části bodového mraku nebyly správně zarovnané. Bylo tak indikováno, že model obsahoval příliš mnoho šumu nebo nepotřebných bodů, což vyžadovalo jeho další zúžení a odstranění přebytečných splatů.



Obrázek 16 – První verze modelu (*zdroj: vlastní*)

Na dalším obrázku č. 17 byla zobrazena verze modelu po několika rotacích v programu PostShot, a to z vnějšího pohledu s částečným zobrazením vnitřní místnosti. Tím bylo naznačeno, že v modelu mohla chybět některá důležitá část.



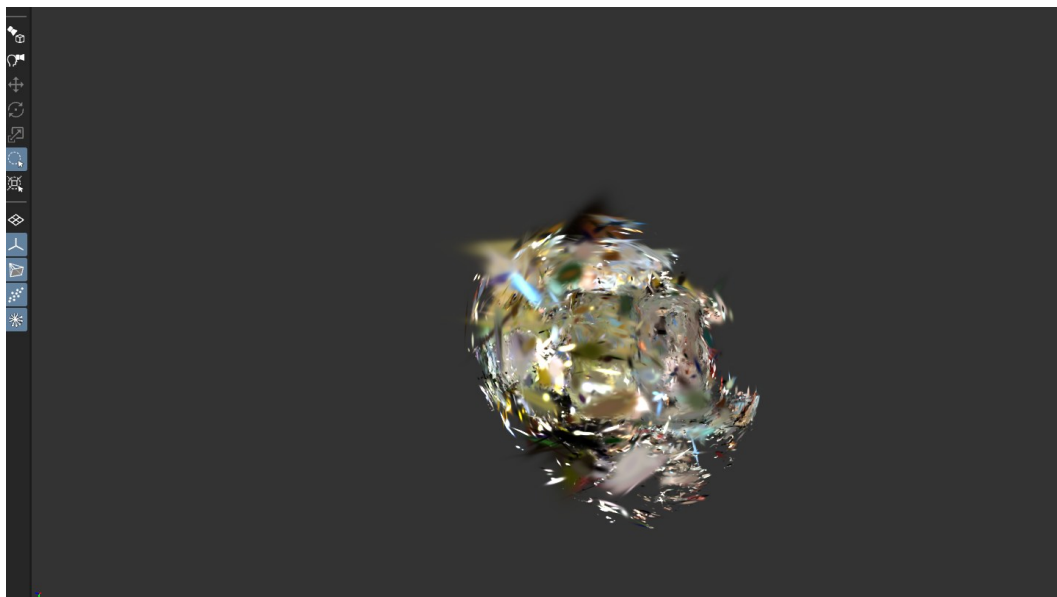
Obrázek 17 – Chybějící část modelu (*zdroj: vlastní*)

Po projetí modelu pomocí kamery byla na obrázku č. 18 zaznamenána chybějící část přímo zevnitř konkrétní místnosti. Ve scéně byly identifikovány prázdné oblasti, což by následně způsobovalo vizuální problémy v celkovém zobrazení scény.



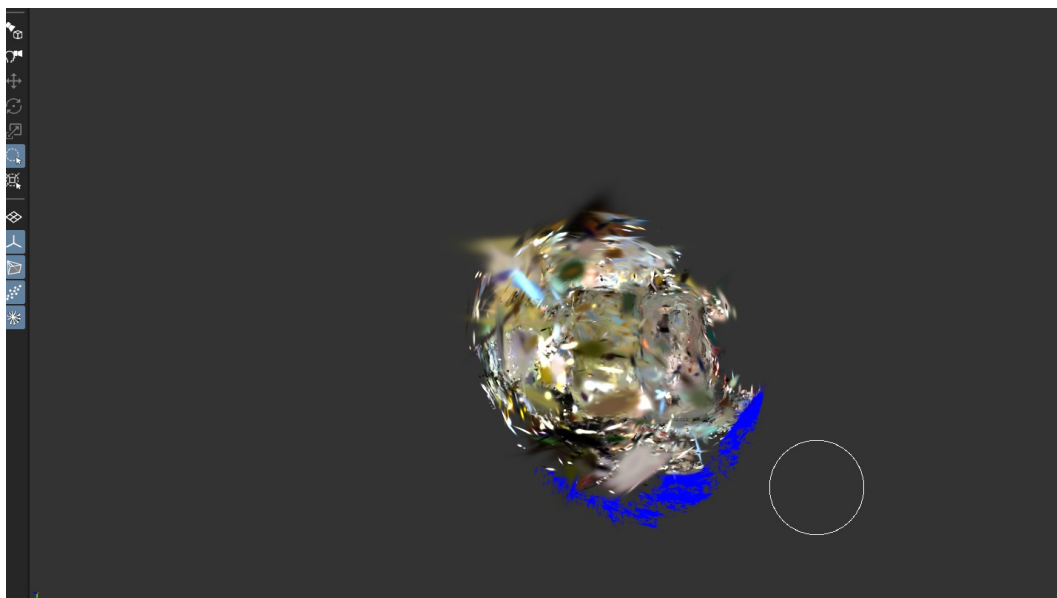
Obrázek 18 – Chybějící část modelu (*zdroj: vlastní*)

Tato verze modelu byla vyhodnocena jako přijatelnější oproti předchozím verzím, jak bylo patrné na obrázku č. 19. Byla zaznamenána lepší struktura a model začal nabývat jasnějšího tvaru. Ořezávací proces bodového mraku byl proveden úspěšněji. Přesto však model stále obsahoval určité nedostatky, které bylo nutné dále řešit.



Obrázek 19 – Kompletní struktura modelu (*zdroj: vlastní*)

Model stále vykazoval chaotickou strukturu s roztržitými částmi bodového mraku. Bylo zjištěno, že obsahoval množství bodů mimo hlavní objekt, což by následně způsobilo obtížnější identifikaci tvaru. Proto byla použita funkce „Delete Selected Splats“ k odstranění nežádoucích bodů a šumu, jak bylo modře vyznačeno na obrázku č. 20.



Obrázek 20 – Použití funkce Delete Selected Splats (*zdroj: vlastní*)

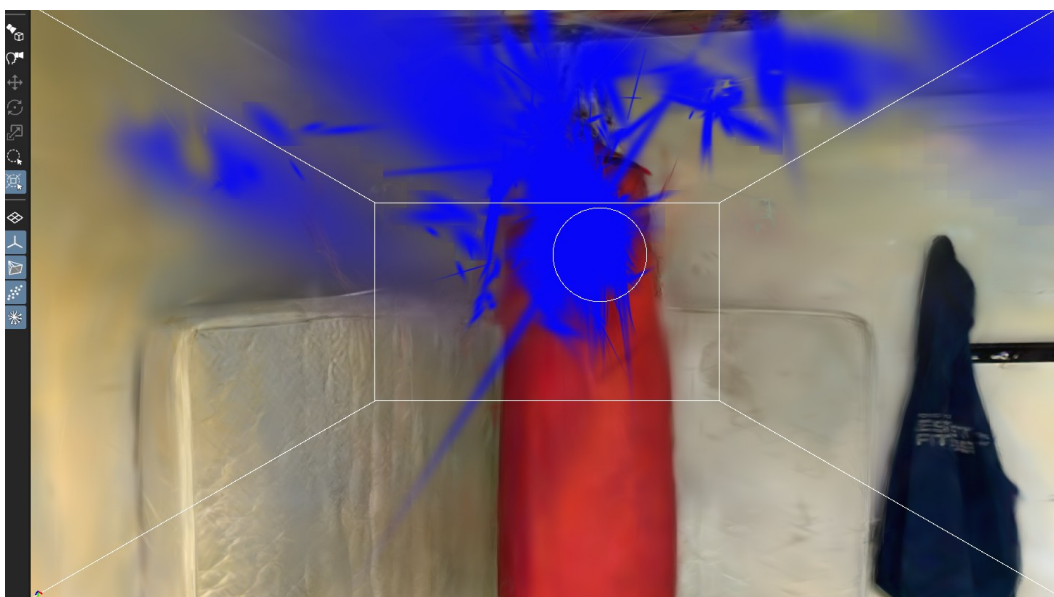
Na dalším snímku č. 21 byla zobrazena vnitřní část modelu, u níž bylo zjištěno, že některé části vyžadovaly další úpravy. Boxovací pytel byl zachycen s viditelně rozmazanými texturami a obsahoval šum, což vedlo ke snížení vizuální kvality modelu.



Obrázek 21 – Nadbytek šumu v modelu (*zdroj: vlastní*)

K odstranění šumu byla opět použita funkce „Delete Selected Splats“, avšak v tomto případě byla využita funkce „Select Circle with Depth Limit“. Touto funkcí byl umožněn preciznější výběr bodů na konkrétní vrstvě modelu s ohledem na hloubku, zatímco dříve zmíněný „Select Circle“ sloužil pro rychlé označení větší oblasti bez ohledu na hloubku.

Dále byla vyžadována přesná kontrola nad výběrem bodů na konkrétním objektu uvnitř modelu. Pro dosažení jasnějšího vyhlazení textur, viz obrázek č. 22, byla použita funkce „Select Circle with Depth Limit“. Pro rychlé a plošné úpravy byl naopak využit „Select Circle“. Modrou barvou byly označeny vybrané splaty, které představovaly šum.



Obrázek 22 – Použití funkce Select Circle with Depth Limit (*zdroj: vlastní*)

Na snímku č. 23 byly zobrazeny provedené úpravy. Stav boxovacího pytle byl po zásahu výrazně vyčištěn a zostřen. Samotná textura pytle působila po úpravě výrazně lépe, zejména ve střední části, kde byl dříve patrný šum. Objekt byl díky odstranění nežádoucích bodů zvýrazněn ve scéně a dodalo mu realističtější vzhled.



Obrázek 23 – Odstranění šumu (*zdroj: vlastní*)

Dále bylo pokračováno ve vyhlazování zbývajících splatů a následně byl proveden finální export modelu do UE. Jeho popis a otestování byly uvedeny v kapitole 5.3.

5.2.4 Komparace modelů

První pokus sběru dat nebyl úspěšný z důvodu nesystematického focení a nedostatečného pokrytí scény. Při druhém pokusu sběru dat, kdy byla dodržena výše zmíněná pravidla, byl již následně získán kompletní datový základ. Překrytí mezi snímky a plynulý pohyb byly zajištěny, což vedlo ke konzistentní kvalitě snímků. Jak bylo znázorněno v komparaci obou modelů v tabulce č. 1 a na obrázcích č. 24 a č. 25, dodržení těchto pravidel vedlo k viditelnému zlepšení výsledků.

Tabulka 1 – Komparace modelů

Parametr	Model 1	Model 2
Čas focení	36 minut	102 minut
Počet fotografií	987	2270
Úhly a pohyb	Méně úhlů, chybějící úseky, méně obchůzek	Více úhlů, více obchůzek, zaobírání prostoru z větší vzdálenosti
Překrytí mezi fotkami	Malé překrytí	Větší překrytí (50-70 %)
Rychlost pohybu při focení	Normální rychlost chůze	Plynulá chůze, s občasným zastavením
Kvalita textur v modelu	Špatná textura, hodně šumu, chybějící části	Kvalitní textura, minimální šum, použitelný model
Pokrytí místnosti	Neúplné – některé části místnosti	Dostatečné – většina částí místnosti zachyceny
Výsledný model	Neúplný, nízká kvalita	Dostatečný, vyšší kvalita

(zdroj: vlastní)

Model 1 (obrázek č. 24):

- Kratší čas focení a menší počet fotografií vedl k nedostatečnému pokrytí místnosti.
- Rychlejší pohyb při focení mohl způsobit rozmazané nebo nekonzistentní snímky.
- Výsledný model obsahoval hodně šumu, špatnou texturu a chybějící části.



Obrázek 24 – Model č. 1 (zdroj: vlastní)

Model 2 (obrázek č. 25):

- Delší čas focení a větší počet fotografií zajistil lepší pokrytí místnosti.
- Více obchůzek a překrytí mezi snímky umožnilo softwaru správně spojit fotografie do konzistentního modelu.
- Výsledný model byl použitelný, s kvalitními texturami a s minimálním šumem.



Obrázek 25 – Model č. 2 (zdroj: vlastní)

5.3 Dynamická vizualizace prostoru

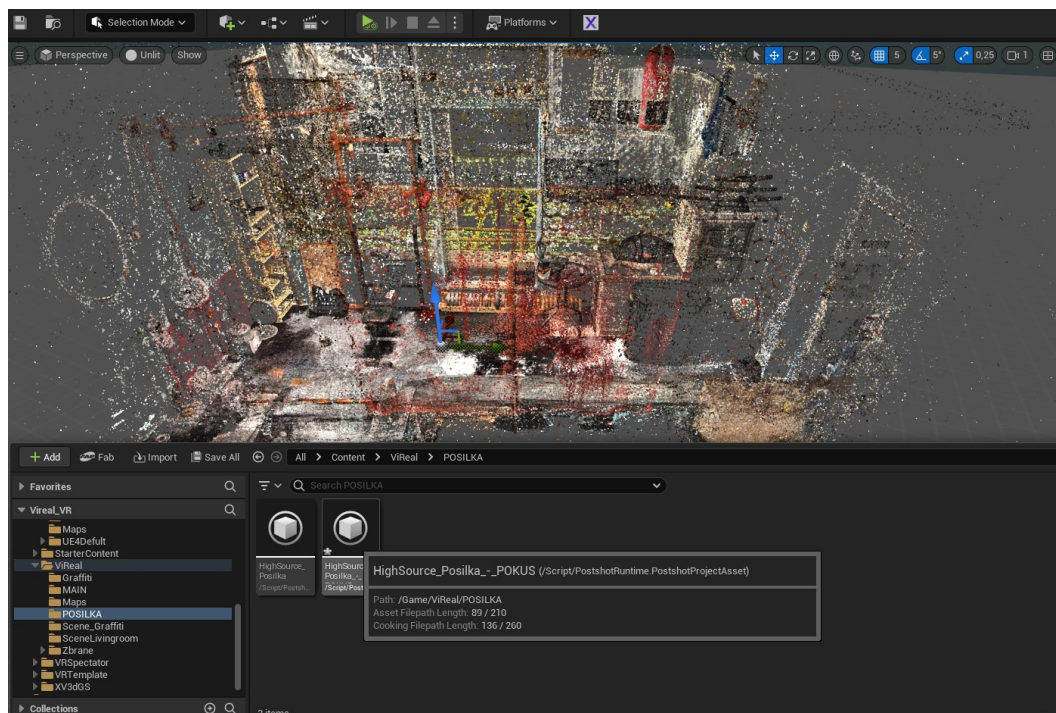
V následujícím kroku byla výsledná modelová scéna simulující trestný čin využita jako součást kriminalistické rekonstrukce. Dynamiky ve scéně bylo dosaženo s využitím předního vývojářského nástroje Unreal Engine ve verzi 5.4.4. Pro ověření potenciálu a pracovního postupu prostorové dynamické rekonstrukce byl vytvořen experimentální fiktivní scénář trestného činu, který se odehrál ve snímaném prostoru. V rámci rozhraní UE byly na základě výpovědí vloženy a následně animovány postavy pachatele, oběti a svědka. Velký důraz byl kladen na zachování časové posloupnosti událostí. Pracovní postup tvorby tohoto experimentálního způsobu vizualizace byl analyzován za účelem vyhodnocení potenciálu významného přínosu v rámci dokazování trestného činu. Přínos metody tkví především v umožnění zpětné a pokročilé analýzy scénáře trestného činu z různých úhlů pohledu, případně následného ověřování hypotéz založených na důkazech a výpovědích.

Dynamická vizualizace prostoru poskytla možnost rekonstruovat scénář trestného činu s vysokou mírou přesnosti, včetně interakce mezi jednotlivými aktéry a prostředím. Tímto způsobem byl nejen lépe pochopen průběh událostí, ale také byly identifikovány klíčové momenty, které mohly být rozhodující pro vyšetřování. Neméně významný potenciál konečného výstupu dynamické vizualizace se nachází v autentické prezentaci důkazů během soudního řízení nebo při odborných analýzách.

5.3.1 Vložení modelů

V této podkapitole byly představeny modely, které bylo potřeba vložit do scény pro vizualizaci místa fiktivního trestného činu. Jednalo se o model prostředí, ve kterém se daná situace odehrávala, NPC postavy sloužící jako fiktivní zúčastněné osoby a tzv. „statické meshe“ představující neměnné objekty scény.

Jako první byl obvykle vložen model prostředí, v tomto konkrétním případě již dříve zmíněný model domácí posilovny, který byl připraven v předchozích kapitolách. Požadovaný model byl otevřen v Content Browser a následně byl přetažen myší přímo do scény, kde se automaticky zobrazil. Pro efektivnější práci s modelem byla zmenšena velikost splatů, ideálně na minimum, aby byla zobrazena pouze samotná struktura modelu, jak bylo patrné na obrázku č. 26.

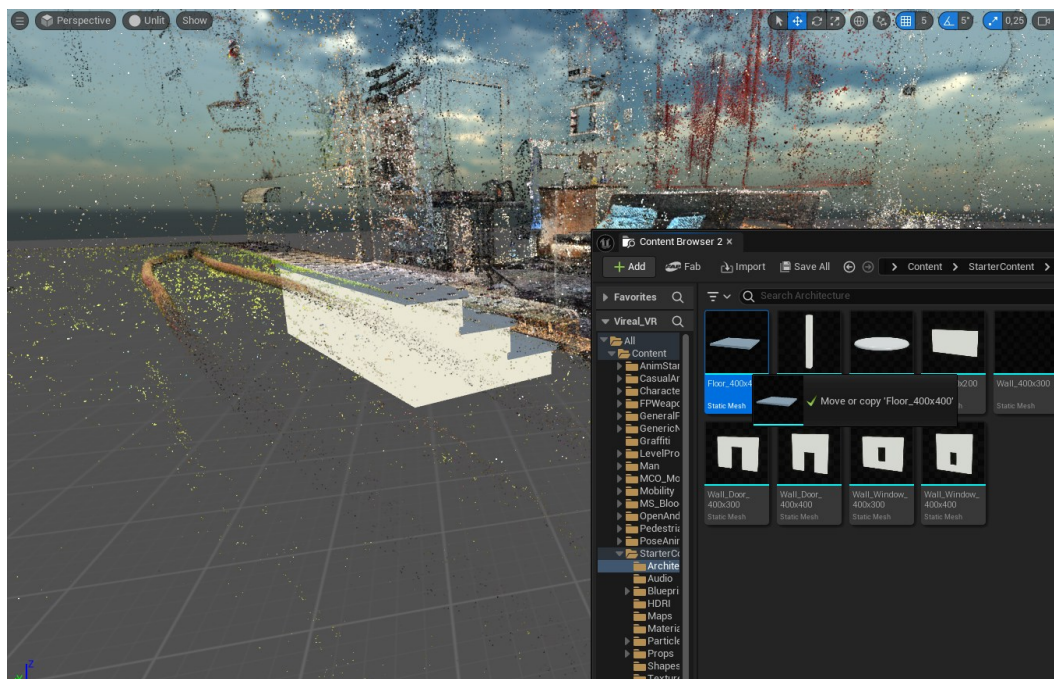


Obrázek 26 – Vložený model (zdroj: vlastní)

Vytvořené 3D prostředí bylo doplněno statickými modely (Static Mesh) za účelem optimalizace scény. Statické meshe byly ručně rozmístěny v prostoru především tam, kde byla vyžadována fyzická podpora, konkrétně podlahy, stěny a schody znázorněné na obrázku č. 27. Tyto modely sloužily k zabránění propadání postav přes neviditelné mezery v geometrii prostředí, optimalizaci fyzikálních interakcí mezi objekty ve scéně a ke zvýšení výkonu aplikace redukcí počtu dynamických výpočtů kolizí.

Aby tyto pomocné meshe neovlivňovaly vizuální reprezentaci scény, byla aktivována funkce „Hidden in Game“, která je skryta během gameplaye, zatímco v editoru zůstaly viditelné pro účely vývoje. Kolizní vlastnosti však zůstaly plně funkční, neboť tato volba ovlivňovala pouze vizuální simulaci, nikoliv fyzikální simulaci.

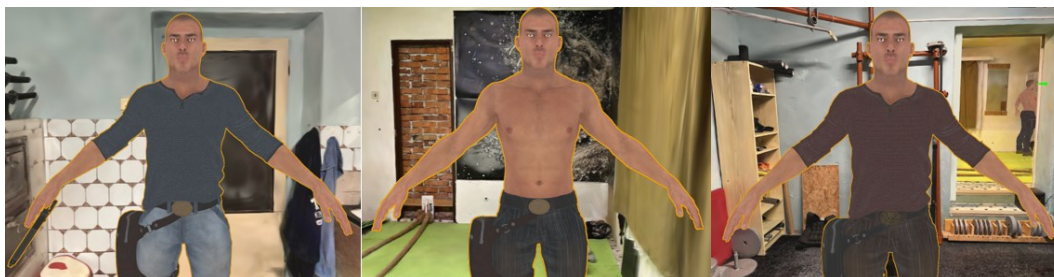
Díky tomu se výrazně snížil počet operací, které musí počítač při vykreslování provádět, a tím se zlepšila celková plynulost zobrazení. Tento postup zajistil, že scéna vypadala vizuálně kvalitně.



Obrázek 27 – Doplnění statickými modely (zdroj: vlastní)

Jako poslední byly do scény vloženy samotné NPC postavy, které byly plně vybaveny funkcemi pro interakci s prostředím. Při editaci nebo úpravách bylo vždy důležité, aby byl blueprint zkopírován do nové složky a úpravy byly prováděny pouze na jeho kopii, nikoliv na originálu. NPC postavy byly opět přetaženy myší z Content Browser přímo do scény, viz obrázek č. 28. Jejich počáteční umístění bylo určeno jako jejich vstupní bod ve scéně. Pro tuto scénu byly vybrány tři NPC postavy:

- Pachatel (nalevo).
- Svědek (uprostřed).
- a Oběť (napravo).



Obrázek 28 – Vložení NPC postav (zdroj: vlastní)

Každé NPC postavě byla v jejím Blueprintu implementována možnost zacházení se zbraní. V tomto případě byly k dispozici pouze krátké zbraně, jak bylo znázorněno

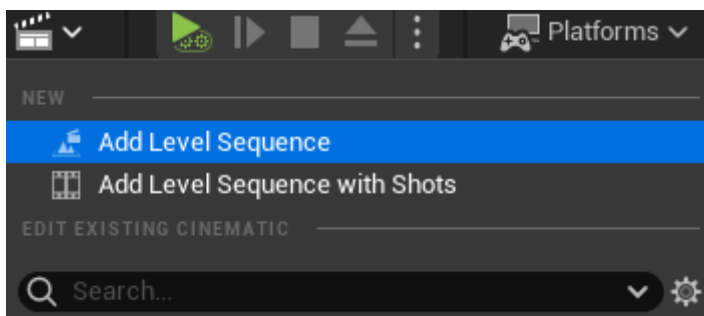
na obrázku č. 29. Pro každý typ zbraně byl použit vhodný typ animace, aby byla scéna co nejvíce realistická.



Obrázek 29 – Zbraň ve scéně (zdroj: vlastní)

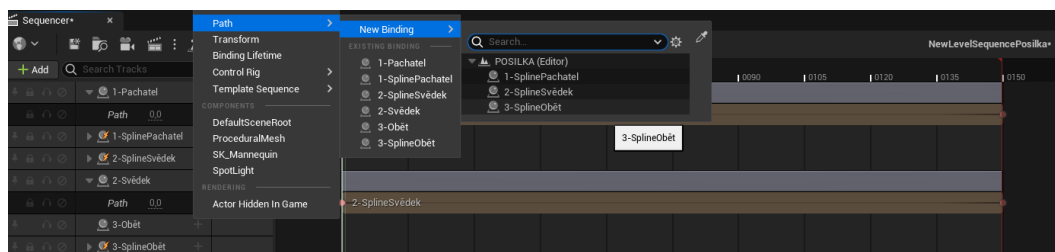
5.3.2 Vytvoření scény „Sequencer“

Vytvoření scény bylo umožněno nástrojem Sequencer, jak bylo znázorněno na obrázku č. 30. Tento nástroj byl využíván pro tvorbu a úpravu časových linií, animací, cinematických scén a řízení herních událostí. Pomocí Sequenceru byly animovány pohyb, rotace, animace postav, vozidel, environmentálních prvků a dalších objektů ve scéně. Dále bylo umožněno přesné řízení kamerových pohybů a přechodů mezi různými kamerovými úhly a záběry. Sequencerem bylo zajištěno přesné načasování zvuku, což přispělo k lepšímu zážitku hráče. Tento nástroj byl také využit jako ideální prostředek pro tvorbu „cutscén“, které mohly být použity k vyprávění příběhu nebo k ilustraci důležitých událostí ve scéně.



Obrázek 30 – Vytvoření scény (zdroj: vlastní)

Po vytvoření scény „NewLevelSeuncePosilka“ byly NPC postavy a spline přetaženy z panelu do nástroje Sequencer. Aby mohl být pohyb postav umožněn, byl ke každé z nich přiřazen vlastní spline, který byl následně v Sequenceru propojen, jak bylo znázorněno na obrázku č. 31. Výsledkem bylo, že se každá postava pohybovala podle trajektorie spline.



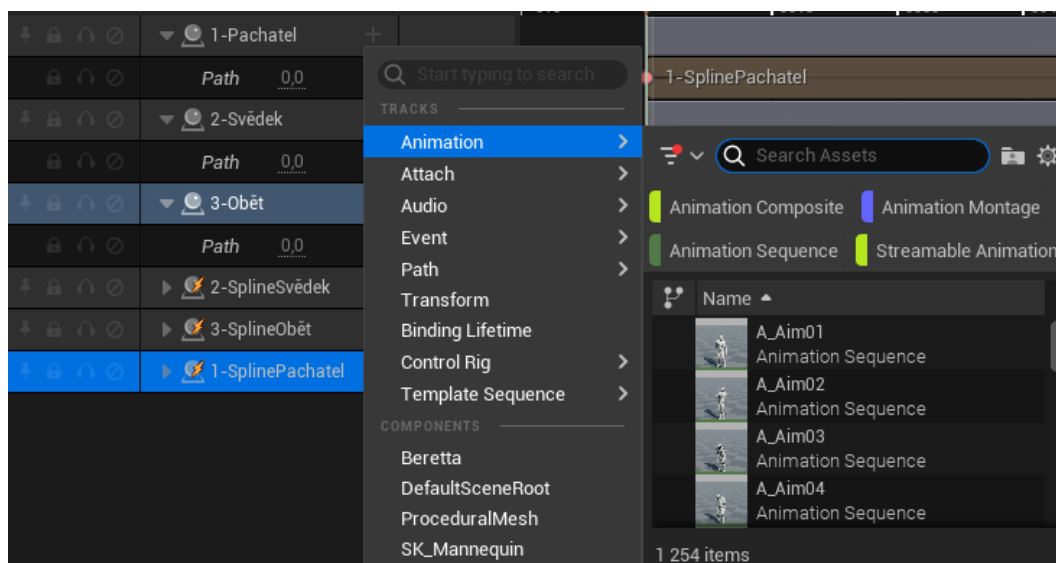
Obrázek 31 – Propojení spline a NPC postavy (zdroj: vlastní)

Jednotlivé spline a NPC postava byly propojeny prostřednictvím názvů. Každým splinem postavy byla definována trasa jejího pohybu, jak bylo znázorněno na obrázku č. 32. Trasa mohla být upravována a měněna v závislosti na požadovaném scénáři. Po spárování bylo možné nastavit hranice, v jakém časovém úseku scénáře se daná postava pohybovala.



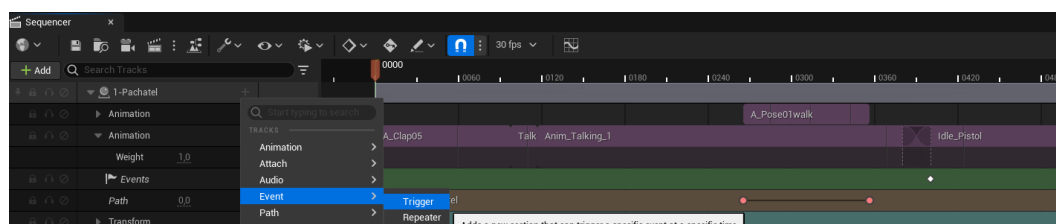
Obrázek 32 – Vytvoření trajektorie postavy (zdroj: vlastní)

Dalším bodem byl proveden výběr animace, jak bylo znázorněno na obrázku č. 33. Ke každé postavě mohly být přiřazeny animace v různých časových úsecích. Míra výběru byla určena daným balíčkem, který byl nahrán v Content Browser. Animace mohly být také kombinovány, například mluvení při chůzi. Rovněž bylo umožněno, aby se animace ve scéně časově překrývaly, čímž byl zajištěn jejich plynulý přechod.



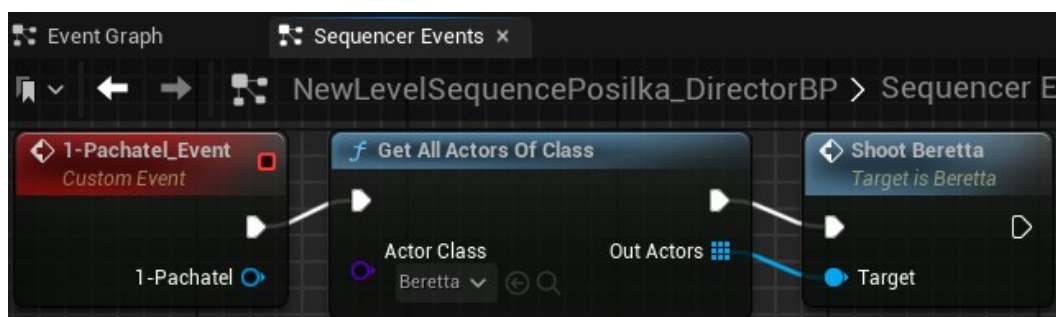
Obrázek 33 – Přidání animací k NPC (zdroj: vlastní)

Do scény byly také přidány zvukové efekty, jako byl zvuk střelby, křik a další zvuky prostředí, jak bylo znázorněno na obrázku č. 34. Tyto zvuky byly synchronizovány s vizuálními událostmi pomocí Sequenceru, čímž byla zvýšena autenticita scény.



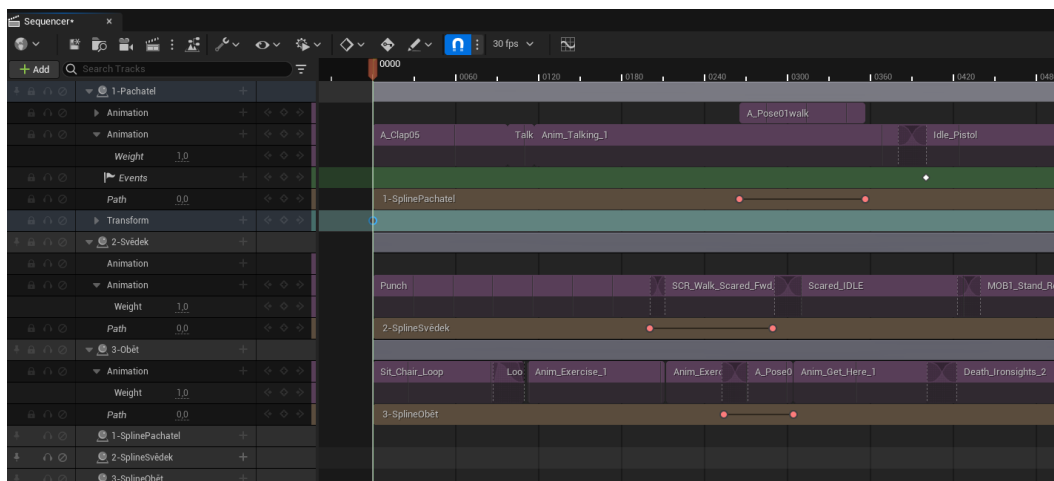
Obrázek 34 – Tvorba eventů (zdroj: vlastní)

V daném případě se jednalo o spuštění eventů výstřelu zbraně, ke kterému došlo v konkrétním časovém bodě na časové ose, jak bylo znázorněno na obrázku č. 35.



Obrázek 35 – Externí zapnutí funkce (zdroj: vlastní)

Na obrázku č. 36 byla zobrazena celá scéna se všemi funkcemi, která byla následně vizuálně představena v následujících kapitolách, a to i prostřednictvím virtuální reality.



Obrázek 36 – Kompletní scéna (zdroj: vlastní)

5.3.3 Experimentální scénář a jeho vizualizace

Inkriminovaný incident se odehrává v domácí posilovně, kde se v době spáchání trestného činu nacházely tři osoby, jak bylo uvedeno na obrázku č. 37.

- **Oběť** prováděla cvičení ve své domácí posilovně.
- **Svědék** se nacházel ve vedlejší místnosti, kde boxoval na pytlí.
- **Pachatel** stál u dveří se zbraní za zády.

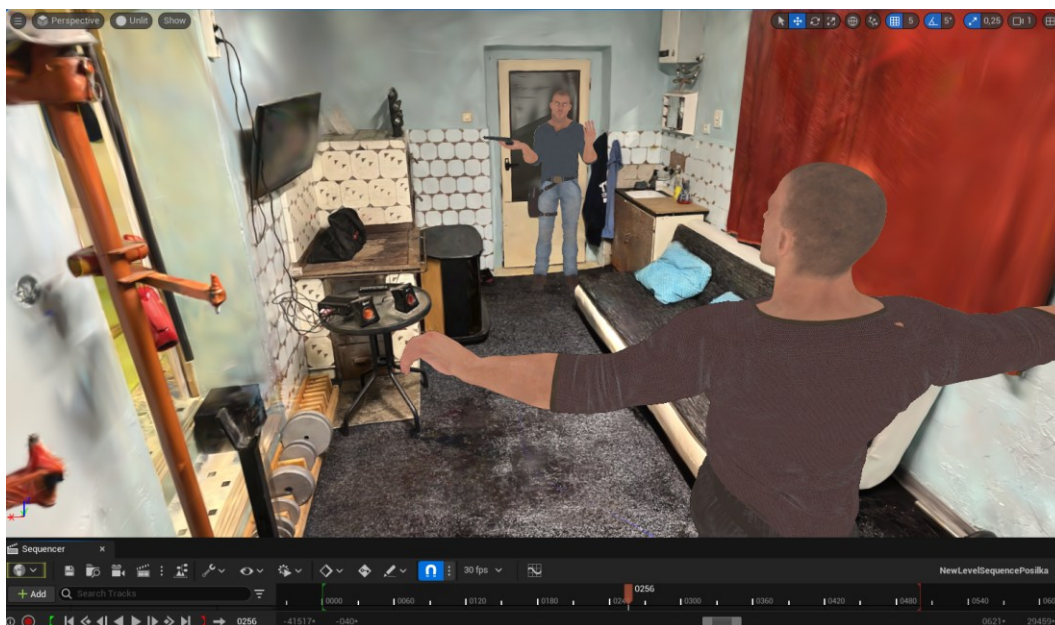


Obrázek 37 – Usazení postav na počáteční bod (zdroj: vlastní)

Scénář, který se odehrál ve snímaném prostoru v rámci rozhraní UE, byl sestaven na základě svědecké výpovědi přeživšího svědka, který byl přítomen v době spáchání trestného činu a částečně jej viděl. Tato hypotéza rekonstruuje pravděpodobný průběh

událostí podle informací získaných z jeho výpovědi. Vzhledem k tomu, že svědek neměl možnost sledovat celý děj v plném rozsahu, je scénář doplněn o logicky navazující okolnosti a možné varianty vývoje situace, které odpovídají zjištěným skutečnostem. Cílem tohoto vyobrazení je co nejvěrněji přiblížit průběh trestného činu na základě dostupných svědeckých informací a podpořit další vyšetřovací postupy.

Slovní popis: „Scéna byla zahájena ve chvíli, kdy byla Oběť při cvičení konfrontována pachatelem. Mezi oběma osobami byla zahájena vášnivá diskuse. Hudba z Hi-Fi reproduktoru byla obětí ponechána nahlas a její vypnutí bylo na žádost pachatele odmítnuto. Tato situace pachatele rozhněvala, ruce byly vytaženy ze zad a bylo započato gestikulování se zbraní v ruce. Tím byla oběť vyrušena a své cvičení přerušila“, jak bylo znázorněno na obrázku č. 38.



Obrázek 38 – Počáteční konflikt mezi NPC postav (zdroj: vlastní)

Slovní popis: „Napětí dále narůstalo a oběť bylo rozhodnuto vykročit směrem k pachateli s nataženými rukama, pravděpodobně s úmyslem pachatele uklidnit“, viz obrázek č. 39.



Obrázek 39 – Vyústěný konflikt (zdroj: vlastní)

Slovní popis: „Svědék, který se nacházel ve vedlejší místnosti, byl spatřen, jak přerušil boxování na pytli a vydal se k posuvným dveřím propojujícím obě místnosti. Napětí dosáhlo vrcholu ve chvíli, kdy byla zbraň pachatelem namířena přímo na oběť. Než však mohla oběť učinit jakýkoli pokus o reakci, byla pachatelem bez dalšího varování vypálena střela“.

Na obrázku č. 40 byla znázorněna výsledná trajektorie střely. Byla analyzována možná místa zásahu na těle oběti a v případě průrazu těla byla následná dráha střely rekonstruována s ohledem na fyzikální parametry prostředí. Tato analýza byla provedena i pro hypotetický scénář, kdy by střela v těle oběti nebyla nalezena.

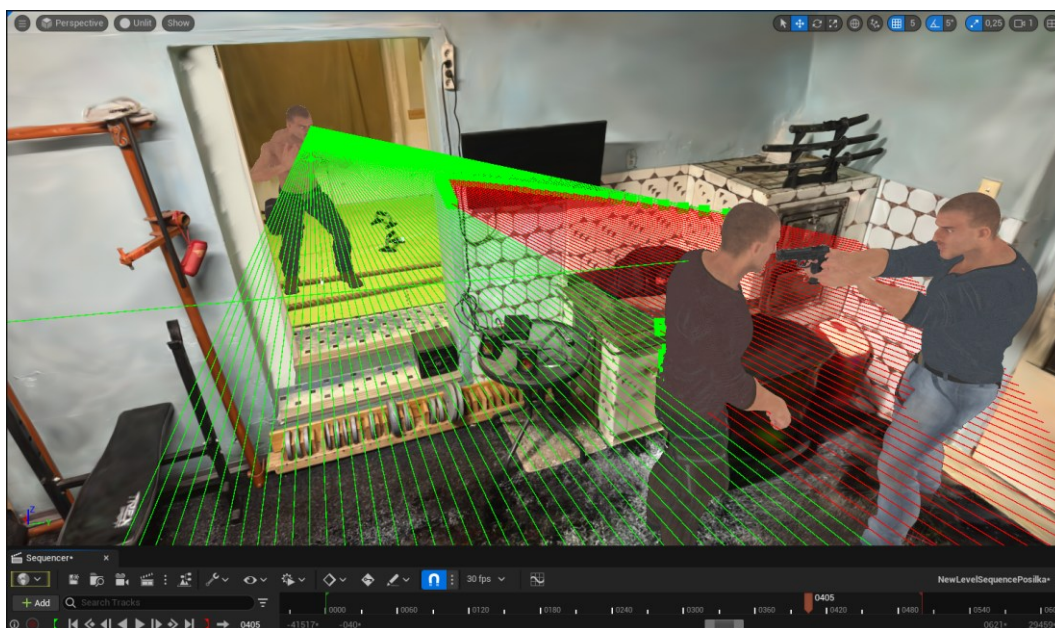


Obrázek 40 – Střelba pachatele (zdroj: vlastní)

Slovní popis: „Část konfliktu mezi pachatelem a obětí již svědek sleduje mezi dveřmi, které propojují místnosti. Jeho zorné pole je však omezené stěnou a závisí na jeho postavení a úhlu pohledu“.

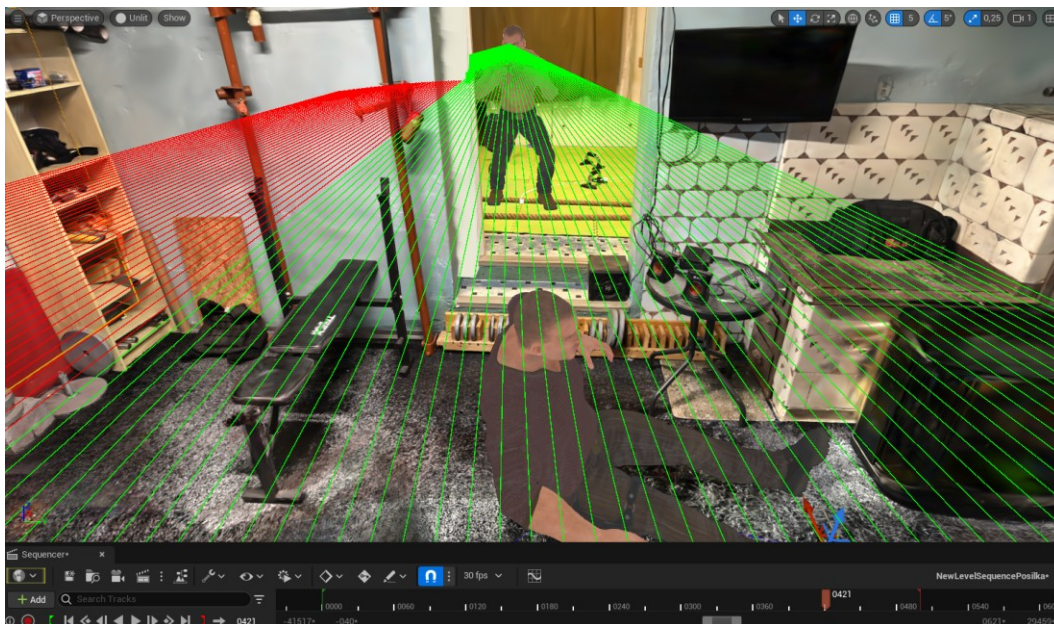
Na obrázku č. 41 byla aktivována funkce „Field of View“, která sloužila k vizualizaci zorného pole svědka. Tato funkce umožnila přesné určení vizuálního dosahu svědka v daném okamžiku a identifikaci oblastí, které byly mimo jeho výhled. V kontextu této situace byla funkce využita k ověření, zda mohl svědek přímo pozorovat moment výstřelu, nebo zda mu ve výhledu překážely objekty či prostorové uspořádání místnosti.

Využití této funkce bylo klíčové pro rekonstrukci scénáře trestného činu, neboť poskytlo objektivní data o vizuální percepci svědka v rozhodujících momentech. Tímto způsobem mohla být lépe pochopena a validována jeho výpověď na základě prostorových a optických podmínek scény.



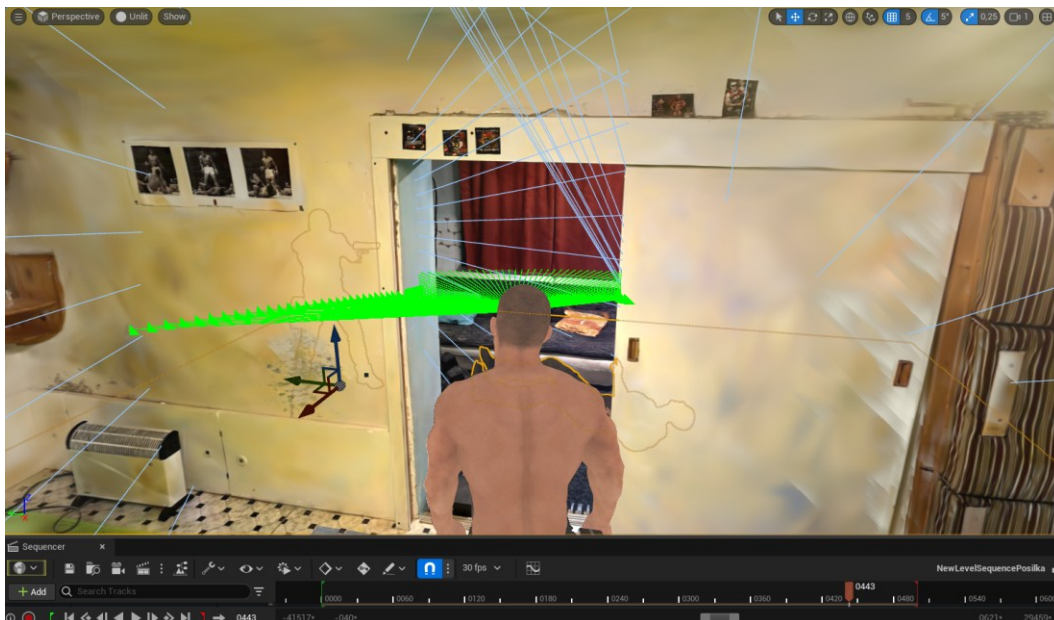
Obrázek 41 – Zapnutí funkce zorného pole (zdroj: vlastní)

Na obrázku č. 42 bylo zachyceno, jak: „svědek pozoroval bezvládné tělo oběti, které padalo na zem a nejevilo žádné známky života“.



Obrázek 42 – Pád oběti (zdroj: vlastní)

Pomocí následující funkce byly postavy zvýrazněny v případě potřeby, kdy byly například umístěny za stěnou a nebylo je možné vizuálně identifikovat. Po aktivaci této funkce byl na daný objekt aplikován materiál s barevným ohraničením, jak bylo znázorněno na obrázku č. 43. Tato funkce mohla být využita k podpoře hypotézy, že svědek nemohl pachatele vidět, ačkoli byl pachatel v daném okamžiku v prostoru fyzicky přítomen.



Obrázek 43 – Zapnutí funkce zviditelnění postav (zdroj: vlastní)

Slovní popis: „Svědka po tomto okamžiku chvíli zůstal v šoku, neschopen pohybu nebo reakce a následně omdlel ve vedlejší místnosti“, viz obrázek č. 44.



Obrázek 44 – Závěr scény (zdroj: vlastní)

Slovní popis: „Scéna byla následně ukončena útekem pachatele z místa činu. Svědek, který byl v tomto scénáři klíčovou osobou, byl poté zobrazen, jak se probírá a ihned volá Policii ČR, která následně přijíždí na místo a zahajuje ohledání místa trestného činu“.

V tabulce č. 2 bylo znázorněno, jakou roli jednotlivé NPC postavy ve scéně sehrály a jaké vlastnosti byly u těchto postav vyobrazeny v konkrétních situacích.

Tabulka 2 – Role a vlastnosti NPC postav

Postavy ve scéně	Role postavy	Vlastnosti postavy
NPC 1 – Modré tričko a džíny	Pachatel, který spáchal trestný čin	Zbraň Beretta – trajektorie střely, viz obrázek č. 48 Zvýraznění, viz obrázek č. 51
NPC 2 – Bez trička a černé kalhoty	Svědka, který částečně viděl trestný čin	Field of View (zorné pole), viz obrázek č. 49.
NPC 3 – Vínové tričko a černé kalhoty	Oběť, na které byl spáchán trestný čin	Zvýraznění, viz obrázek č. 51

(zdroj: vlastní)

Otestovaná scéna následně potom lze nahrát pomocí správně rozložených kamer. Hlavní kamera by měla být nastavena tak, aby zachytila klíčové momenty celé scény, zatímco další kamery mohou být přidány pro přepínání mezi různými úhly pohledu. Důraz je kladen na dynamické pohyby kamer, například přiblížení na Pachatele v okamžiku, kdy

vytahuje zbraň, nebo detailní záběr Oběti při jejím pádu na zem. Tyto záběry mohou pomoci při přezkoumávání scény z více úhlů zároveň.

5.3.4 Vizualizace scény ve virtuální realitě

Druhá možnost zobrazení rekonstrukce scénáře místa trestného činu byla ve virtuální realitě. Pomocí digitální prostorové repliky místa činu bylo možné scénu převést do interaktivního VR prostředí. Kriminalisté si tak mohou nasadit VR brýle a pohybovat se po místě činu, jako by byli přímo na místě, a to i s odstupem času. Což jim umožní opakovaně simulovat různé scénáře, aniž by bylo nutné fyzicky manipulovat s místem činu, což šetří čas i prostředky a minimalizuje riziko znehodnocení důkazů. Výsledkem by mohlo být snížení míry neurčitosti v procesu dokazování a možnost efektivní prezentace výsledků rekonstrukce.

Použité nástroje pro zobrazení:

- **Headset:** HTC VIVE PRO2
- **Ovladač:** HTC VIVE Ovladač 2018 2x

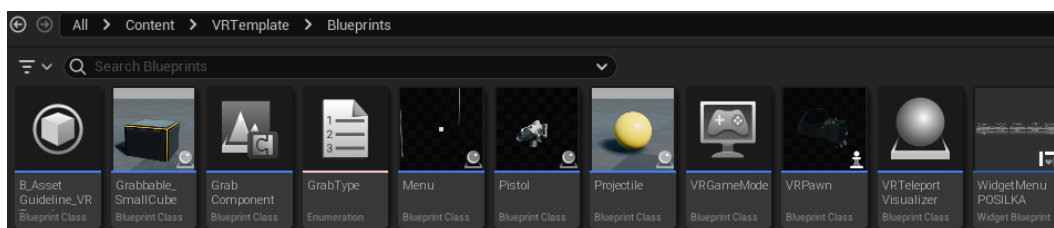
HTC Vive Pro 2 je headset pro virtuální realitu, má široké zorné pole 120°. Headset využívá pokročilý systém SteamVR Tracking 2.0 pro přesné snímání pohybu v prostoru. HTC Vive Pro 2 se k počítači připojilo přes DisplayPort. Součástí byly i dva pohybové ovladače, které sloužilo k interakci s virtuálním prostředím a simulaci pohybu rukou ve scéně, viz obrázek č. 45.



Obrázek 45 – Použitý headset

(zdroj: vlastní)

Pro následující představení scény ve VR bylo zapotřebí vložit funkce, jako VRPawn, VRSpectator a Menu ze složky Content Browser do scény, viz obrázek č. 46.



Obrázek 46 – Funkce pro virtuální prostředí (zdroj: vlastní)

Bylo potřeba vytvořit widget menu v blueprintu, které zachytí všechny osoby zúčastněné na scéně a jejich funkce, které se ve scéně mohou objevit, viz obrázek č. 47. WidgetMenu umožnil vícero funkcí:

Přehrání scény

- Play Forward.
- Play Reverse.
- Stop.

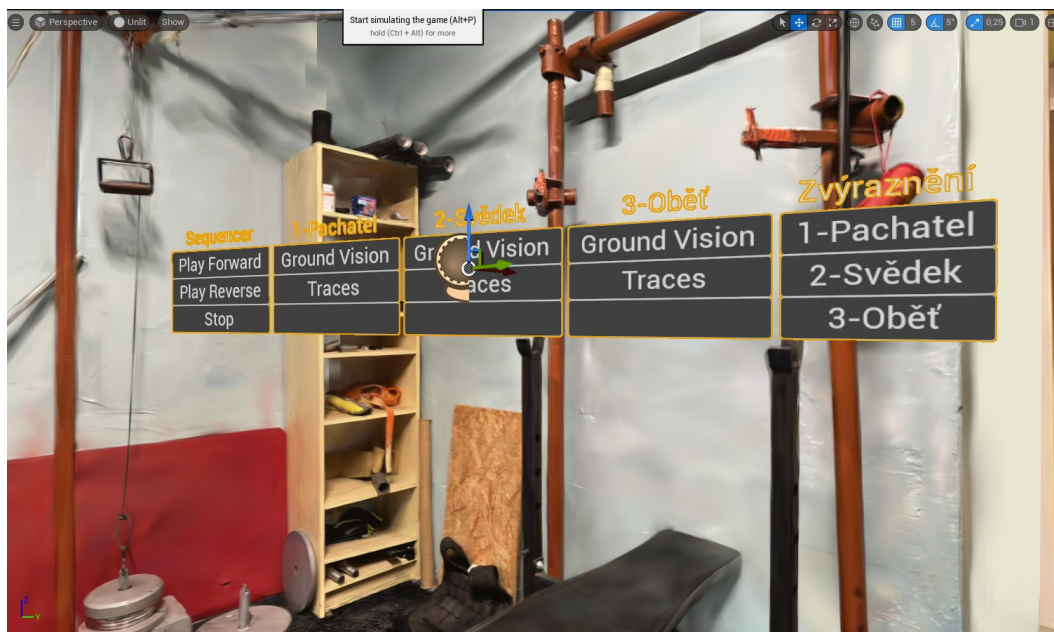
Funkce NPC

- Traces.
- Ground Vision.
- Zvýraznění.

Sequencer	1-Pachatel	2-Svědék	3-Oběť	Zvýraznění
Play Forward	Ground Vision	Ground Vision	Ground Vision	1-Pachatel
Play Reverse	Traces	Traces	Traces	2-Svědék
Stop				3-Oběť

Obrázek 47 – Widgetmenu (zdroj: vlastní)

Vytvořené Widgetmenu bylo vloženo přímo do scény z Content Browser, viz obrázek č. 48. Widgetmenu slouží pro zapínání funkcí, které jednotlivé NPC postavy mají nakonfigurované a přehrávání scény. Pomocí ovladače HTC přímo ve VR prostředí bylo možné vybrat konkrétní funkci u NPC postavy a zapnout ji, například „Zvýraznění“ pachatele bylo zjištěno i přes stěnu, kde se zrovna nacházel, nebo zapnutím funkce „Ground Vision“ u svědka, může kriminalista ve VR prostředí zkontrolovat, co Svědek přesně mohl vidět.



Obrázek 48 – Widgetmenu (zdroj: vlastní)

Po spuštění scény ve virtuální realitě si autor práce nasadil headset HTC VIVE PRO2 (viz obrázek č. 45) a ocitl se přímo ve scéně z pohledu tzv. VRPawna, jak bylo znázorněno na obrázku č. 49. VRPawn představoval virtuální pozici a orientaci uživatele ve 3D modelu, přičemž obraz scény byl v reálném čase promítán přímo do headsetu. Ruční ovladače, které měl autor při interakci v rukou, se ve virtuálním prostředí zobrazovaly jako ruce (rukavice). Pomocí těchto virtuálních rukou mohl autor ovládat scénu prostřednictvím WidgetMenu.



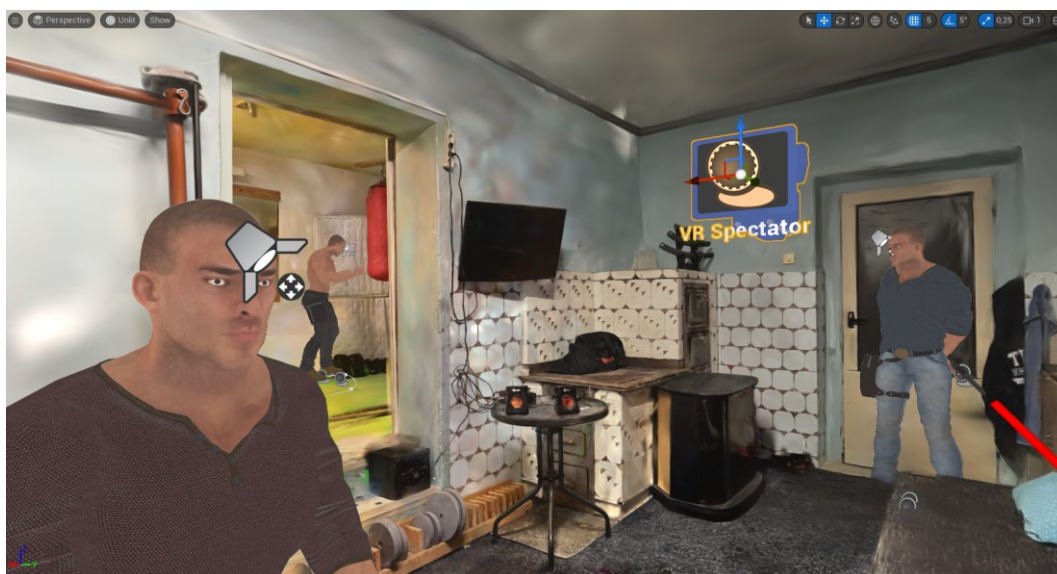
Obrázek 49 – Virtuální pozice uživatele (zdroj: vlastní)

Na fotografii č. 50 byl zachycen autor práce v okamžiku, kdy měl na hlavě nasazený headset HTC VIVE Pro 2 a v rukou držel dvojici ručních ovladačů. Celkový dojem podtrhoval soustředěný výraz autora, který byl plně ponořen do virtuální scény.



Obrázek 50 – Reálná pozice uživatele (zdroj: vlastní)

Poslední funkce na obrázku č. 51 byla „VRSpectator“. Zatímco byl autor ve VR, tato funkce umožnila sledovat scénu ostatním osobám na monitoru.



Obrázek 51 – VRSpectator (zdroj: vlastní)

Kamera VRSpectator lze ovládat pomocí klávesnice a myši. Umožňuje pohybovat se po scéně, měnit úhel pohledu, výšku, rotaci, i zorné pole.

5.4 Vyhodnocení výsledků

Virtuální realita (VR) přinesla do oblasti kriminalistické rekonstrukce řadu významných přínosů, zejména v možnosti detailní vizualizace a interaktivního prožitku. Kriminalistický technik v rozhovoru uvedl, že tato technologie na něj působila pozitivně: *„Pokud budu brát zkušenost s virtuální realitou, která byla modelovaná a následně vizualizovaná pomocí headsetu pro VR, potom se mi tato technologie líbí.“*

Mezi hlavní výhody VR technologie byla zařazena možnost plného „ponoření se“ do digitální rekonstrukce místa činu, což výrazně usnadnilo pochopení prostorových vztahů a detailů, které by při běžné dokumentaci mohly zůstat přehlédnuty. Podle respondenta by VR mohla zásadně pomoci při vizualizaci a analýze místa činu zejména těm, kteří se na místě v době ohledání nenacházeli: *„Myslím, že VR by mohla rozhodně lépe zprostředkovat místo činu lidem, kteří se na místě OMC v době ohledání nenacházeli (např. soudce, státní zástupce...)“*. Bylo zjištěno, že vysoká objektivita a přesnost digitálních modelů umožnila minimalizovat subjektivní zkreslení a zvýšit důvěryhodnost prezentovaných důkazů. Což následně sám respondent zdůraznil: *„Rozhodně tyto technologie produkují vysoce přesné a objektivní data.“*

Dalším přínosem byla možnost vytvářet a testovat různé hypotézy, například ověřovat věrohodnost svědeckých výpovědí nebo analyzovat různé scénáře průběhu událostí. K této otázce však respondent zaujal opatrný postoj a upozornil na možné etické otázky: *„Nevím, nabízí se zde otázka další případné traumatizace svědka (oběti) daného činu. Nedokážu tuto otázku kvalifikovaně zodpovědět, byla by to spíše otázka pro psychologa.“*

Virtuální realita byla dále označena za efektivní nástroj pro prezentaci důkazů nejen odborné veřejnosti, ale i soudům, kde mohla přispět k lepšímu pochopení složitých situací. Podle technika je možné využít existující legislativu: *„Myslím, že pro integraci lze použít zákon č.141/1961 Sb. § 55a Použití zvláštních prostředků při protokolaci.“* a dále doplnil: *„Dovedu si představit názornou ukázkou u soudu, jaká byla situace přímo na místě činu v době ohledání.“* Za významnou výhodu byla označena i možnost opakovaného ohledání místa činu bez nutnosti fyzické přítomnosti, což je přínosné zejména v případech, kdy je reálné místo již nedostupné nebo by byla osobní návštěva nebezpečná. Technologie VR rozšířila možnosti tréninku a vzdělávání kriminalistů, kteří si mohli procvičit řešení různých

situací v bezpečném a realistickém prostředí. Umožnila rovněž analyzovat scénáře, které by v reálném světě byly rizikové nebo neproveditelné z bezpečnostních či etických důvodů.

Mezi hlavní nevýhody byla zařazena potřeba značného materiálního a finančního zabezpečení, zejména s ohledem na náklady na hardware, software a odbornou přípravu personálu. Respondent uvedl: „*Převážně bych řekl, že bude problém s materiálním a personálním zabezpečením,*“ a „*dále pravděpodobně náročnost HW a kompatibilita.*“

Jako další omezení byla identifikována stále nevyřešená právní a etická otázka využití VR v rámci trestního řízení, například v oblasti ochrany osobních údajů nebo procesní použitelnosti digitálních důkazů. Bylo také zjištěno, že na výslednou přesnost rekonstrukce má zásadní vliv kvalita vstupních dat a jeho následné provedení. Pokud nebyla data dostatečně kvalitní nebo kompletní, mohlo dojít ke zkreslení výsledků. Dále by i mohla existovat tzv. „digitální kontaminace“, tedy možnosti neúmyslných nebo záměrných úprav digitální scény, které by neodpovídaly původnímu stavu místa činu. Respondent však k tomu uvedl: „*Vždycky se pracuje s kopií dat, nikdy ne s originály.*“

Celkově bylo zjištěno, že využití virtuální reality v kriminalistické rekonstrukci představovalo významný přínos zejména v oblasti vizualizace, objektivitu a možnosti opakovaného ohledání místa činu. Respondent ocenil především přesnost a názornost digitálních modelů, které usnadnily práci nejen kriminalistům, ale i dalším účastníkům trestního řízení. Zároveň však upozornil na řadu praktických, technických i etických omezení, včetně vysokých nároků na materiální zabezpečení, potřeby kvalitních vstupních dat a legislativních otázek spojených s využitím VR při soudních řízeních.

6 NÁVRH DOKUMENTACE SOFTWARE PODPORY PROCESU OHLEDÁNÍ MÍSTA TRESTNÉHO ČINU

V této kapitole byly vyjmenovány a popsány všechny aktivity, které byly provedeny pro efektivní využívání aplikace. Manuál má sloužit pro příslušníky Policie České republiky, kteří budou s novým softwarovým program pracovat. Podrobný manuál je přiložen jako samostatný soubor, viz Příloha 2.

6.1 Analýza původního manuálu

Na základě poznámek, které byly zaznamenány při procházení původního manuálu, se povedlo identifikovat několik oblastí, které do určité míry ovlivňují jeho použitelnost pro příslušníky Policie ČR.

Nedostatek základních pojmů

V původním manuálu byl zaznamenán nedostatek základních pojmů, které byly potřebné pro pochopení fungování celého softwaru, zejména pro uživatele bez předchozích zkušeností.

Dále nebyla poskytnuta jasná vysvětlení pojmů jako „Construction Script“ a „Event Graph“, včetně jejich rozdílů a využití v rámci práce v programu. Bez rozlišení některých částí či komponentů bylo pro uživatele obtížné se orientovat a určit, kam konkrétní funkci vkládat. To často vedlo k chybám a ke ztrátě času při jejich hledání a zkoušení.

Nepřehlednost

Uživatelé byli často zmateni například rozdílem mezi sekcemi „Components“ a „My Blueprint“ v levém panelu editoru Blueprintů. Manuál neobsahoval jasný popis jednotlivých funkcí ani jejich účelu. Zcela chyběla prvotní navigace v konkrétních částech manuálu, kde přesně hledat či vkládat funkce a eventy. Například nebylo uvedeno, kde najít možnost přidání Custom Eventu nebo jak správně pracovat s funkcemi.

Málo vizuálních ukázek

V původním manuálu často chyběly ilustrační obrázky, které by lépe nasměrovaly uživatele při různých úkonech, například při přiřazení spline trajektorie nebo samotném procesu hledání a úpravy funkcí. Screenshots nebyly doplněny ani o popisky či zvýraznění relevantních částí, což vedlo k tomu, že uživatel přesně nevěděl, kam kliknout a co od dané funkce očekávat.

Částečný postup

V některých kapitolách nebylo zřejmé, jak na sebe jednotlivé kroky navazují. Například propojení NPC a spline, nebo správné externí spuštění funkce (například u Field of View) a její vložení do projektu nebyly dostatečně popsány. Manuál obsahoval nejasné návody na propojení funkcí, což znamenalo pro uživatele práci navíc. U vytvoření Custom Eventu nebyly popsány základní operace ani postup přidání nového klíče v časové ose animace. Tyto kroky nebyly popsány krok za krokem a chyběly jim doprovodné screenshoty, které by uživateli ukázaly, co přesně uvidí a jak má postupovat.

Chybějící návaznost a logická struktura

V některých částech manuálu chyběla návaznost mezi tématy – například připojení spline k NPC postavě bylo popsáno dvakrát ve dvou různých kapitolách. Nebylo jasné, jak některé funkce spolu souvisejí v předchozích nebo následujících krocích. Manuál nebyl strukturován tak, aby uživatel vždy věděl, proč daný krok provádí a jak navazuje na předchozí postup.

Výše zmíněné nedostatky vedly k tomu, že původní manuál byl pro začínajícího uživatele méně přehledný, obtížněji se v něm orientovalo a často nedovedl uživatele k cíli.

6.2 Metodika revize a rozšíření manuálu

Na základě vytvořené analýzy z původního manuálu byly stanoveny následující cíle pro sepsání nového manuálu, který bude upraven tak, aby se v něm vyznal i začínající uživatel, jakým může být i příslušník Policie ČR.

Cíle

- Prvotním cíle bylo zajistit, aby byl manuál jasný a přehledný, aneb jak se říká „stručně a jasně“, a to i pro uživatele bez hlubších znalostí v programu UE.
- Druhým cílem bylo potřeba rozšířit manuál o chybějící informace, vysvětlení základních pojmů, rozdílů mezi klíčovými částmi editoru a detailní popis konkrétních funkcí. Přidat přesně návody.
- Třetí cíl si kladl přidat lepší orientaci v uživatelském rozhraní. Návody, kde jednotlivé funkce najít, včetně vyznačení konkrétních kroků k jejich použití.
- Ve čtvrtém cíli šlo o zařazení více kontextových screenshotů a vizuálních ukázek, které následně budou ilustrovat nejen výsledky, ale i samotné postupy a nastavení.

- A v posledním cíli byl kladen důraz na nějaké praktické tipy a upozornění. Doplnit manuál důležitými poznámkami a zvýraznit problémové části, které vedly k nejčastějším chybám.

Postup při zpracování nové verze manuálu

První krok byl provést detailní analýzu původního manuálu a identifikaci všech nejasných, chybějících nebo nepřehledných částí. Zároveň u toho byla navrhována nový, logicky členěný obsah manuálu, který přesně zaznamenává postup práce a zohledňuje potřeby začínajících uživatelů.

Dále byly do manuálu doplněny všechny chybějící důležité pojmy a detailní návody. Byly vysvětleny klíčové pracovní části a rozdíly mezi nimi. Ke každému postupu potom byly přidány screenshoty s popisky, které pomáhaly uvést do kontextu. Došlo i ke barevnému zvýraznění relevantních částí pro prvotní orientaci v programu, což pro nového uživatele může být nápomocné.

Manuál byl také rozšířen o konkrétní příklady vložení modelů, které mají různé prostředí. Byly také zdůrazněny postup doporučení pro efektivní práci a upozornění na časté chyby. Nová verze manuálu byla testována na uživateli, který již s prací v programu neměl žádné zkušenosti.

Uživatel šel přesně krok po kroku a za pomoci použití nového manuálu, již neměl žádné připomínky či nejasnosti.

6.3 Srovnání původní a nové verze po jednotlivých kapitolách

V této kapitole je provedena následná komparace jednotlivých částí či kapitol původní a nové verze manuálu.

Stěžejní věc, která určuje směr samotného manuálu, je jeho obsah, protože právě ten rozhoduje o tom, jak srozumitelně, přehledně a prakticky bude uživatelům předávat potřebné informace. Obsah manuálu byl navržen s ohledem na cílovou skupinu, její potřeby a úroveň znalostí, aby uživatel snadno našel odpovědi na své otázky a dokázal postupovat krok za krokem při řešení konkrétních činností spojené s prací v aplikaci, viz tabulka č. 3.

Tabulka 3 – Porovnání obsahu

	Nová verze	Původní verze
Struktura	Struktura je jednodušší, kapitoly jsou obecně kratší a zaměřené na praktické kroky	Má více úrovní, obsahuje více podrobností, což může působit přehlněně
Terminologie	Použity české názvy kapitol s minimem anglické terminologie	Kombinace českých a anglických terminů
Přehlednost	Větší díky stručnosti	Méně přehledné kvůli většímu množství detailů
Pokrytí témat	Praktické, pro školení	Více technické, vhodná pro vývojáře

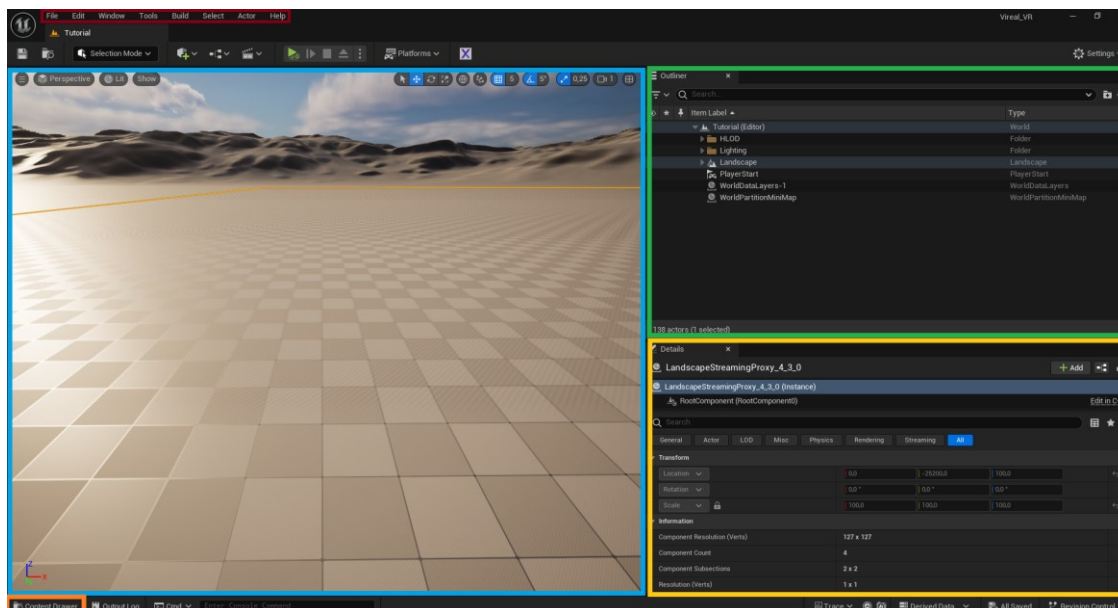
(zdroj: vlastní)

Nový obsah manuálu určený policistům odpovídá jejich potřebám rychlé orientace a praktického využití UE při simulacích nebo školeních.

Kapitola č. 1 – Základní informace o programu Unreal Engine

První věc, zahrnutá v novém manuálu, je uvedení doporučené PC sestavy. To poskytne jasné pokyny, co je potřeba k zajištění plynulé práce v programu. Což následně vede k odvrácení problémů jako pádu programu, pomalý výkon, nebo neschopnost spustit nějaké funkce. Tyto údaje mohou být užitečné pro IT oddělení Policie nebo nákupčí technického vybavení. Za pár let by tyto doporučené systémové požadavky mohly být sice neaktuální, ale to vzhledem k rostoucí tendenci funkcí využití tohoto programu, které časem budou třeba k dispozici, se bude aktualizovat i samotný manuál.

V podkapitole zaměřené na prvotní orientaci v programu je nově použito barevné označení jednotlivých základních prvků, jak je patrné na obrázku č. 52. Toto vizuální rozlišení by mohlo usnadnit orientaci uživatele, protože každá část rozhraní (například Viewport, Outliner nebo Details Panel) je jasně odlišena specifickou barvou. Barevné zvýraznění napomáhá rychlejšímu zapamatování jednotlivých sekcí a umožňuje uživateli snadněji si vybavit, kde se konkrétní funkce nachází. Oproti původnímu manuálu, kde chybělo jakékoliv zvýraznění.



Obrázek 52 – Jednotlivé části rozhraní (zdroj: vlastní)

- Obrazovka/Viewport (modré označení).
- Hlavní lišta (červené označení).
- Outliner (zelené označení).
- Details panel (žluté označení).
- Content Browser (oranžové označení).

Následně jsou v kapitole zmíněny nejčastěji používané funkce, které lze provádět klávesovými zkratkami, což může mít za následek efektivnější práci při jejich používání, příklad klávesových zkratk v programu:

- „Undo“: Vrácení poslední provedené akce= **Ctrl+Z**.
- „Redo“: Opětovné provedení akce= **Ctrl+Y**.
- „Cut“: Vyjmutí vybraného objektu ze scény= **Ctrl+X**.
- „Copy“: Zkopírování vybraného objektu do schránky= **Ctrl+C**.
- „Paste“: Vložení objektu ze schránky do scény= **Ctrl+V**.

Jako poslední podkapitola, která chyběla zmínit v předchozím manuálu, byla Blueprint Editor. Konkrétněji zmínění struktury Blueprint, především jaký je rozdíl a k čemu slouží Construcion Script a Event Graph. To pro vytváření scény je důležité vědět, viz tabulka č. 4.

Tabulka 4 – Rozdíl mezi Construcion Script a Event Graph

Vlastnost	Construction Script	Event Graph
Kdy se vykonává	Při přípravě modelu v editoru (před spuštěním simulace)	Během simulace
Použití	Příprava prostředí a objektů (např. generování 3D modelu místa činu)	Dynamická logika a interakce během simulace (např. rekonstrukce událostí)
Příklady využití	Generování míst činu, vizualizace důkazů, nastavení parametrů objektů	Simulace pohybu osob, analýza kolizí, rekonstrukce časové osy událostí

(zdroj: vlastní)

Kapitola č. 2 – Vložení modelů do scény

Tato kapitola se věnuje vložení modelů do scény. Modelům jako jsou NPC postavy a model prostředí, kterým může být například přímo hotový 3D model z reálného prostředí, nebo vytvořený v externím softwaru. V původní verzi manuálu se tato kapitola skládá ze 4 podkapitol:

2.1 Vložení modelu prostředí.

2.2 Vložení NPC postavy do scény.

2.3 Vložení Spline do scény.

2.4 Připojení NPC k spline.

Podkapitoly 3 a 4 byly v tomto případě zmíněny zcela irelevantně. Neboť samotné připojení NPC k spline probíhá, jakmile je scéna vytvořená v nástroji Sequencer. Vložení spline bylo v původním manuálu zcela chybně popsáno. Popisovala, jak vložit spline v Blueprintu, což ve finální fázi potom vznikly 2 trčící trajektorie (spline) z postavy, ale NPC postava následovala stejně jen tu jednu vloženou ze složky Content Browser. Proto v novém manuálu obdobnou podkapitolu „Připojení postavy k spline“ lze nalézt až ve čtvrté kapitole, která se věnuje nástroji Sequencer.

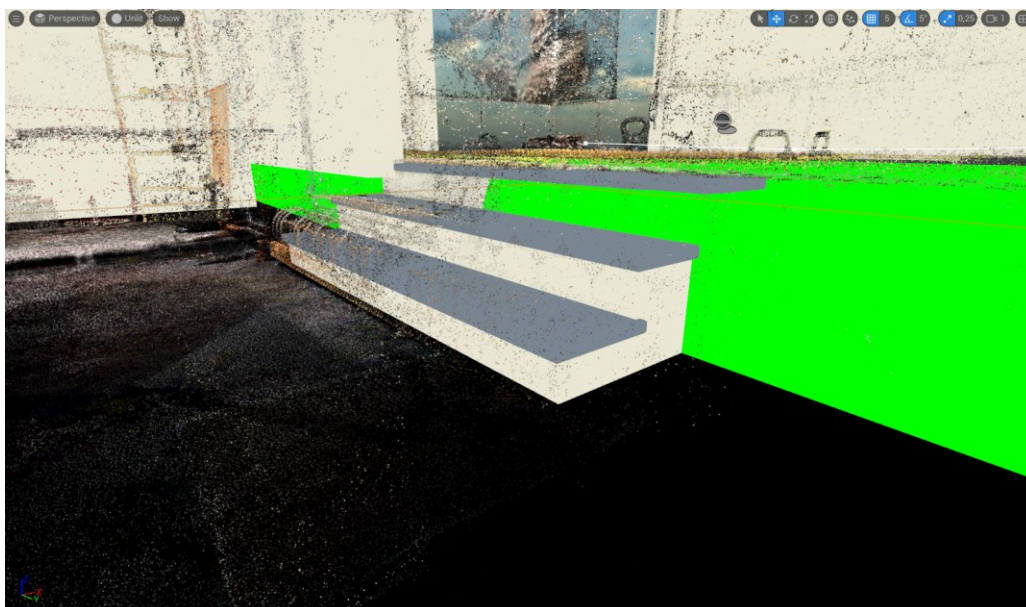
V nové verzi je kapitola poskládána pouze ze dvou verzí, a to:

2.1 Vložení modelu prostředí.

2.2 Vložení NPC postavy do scény.

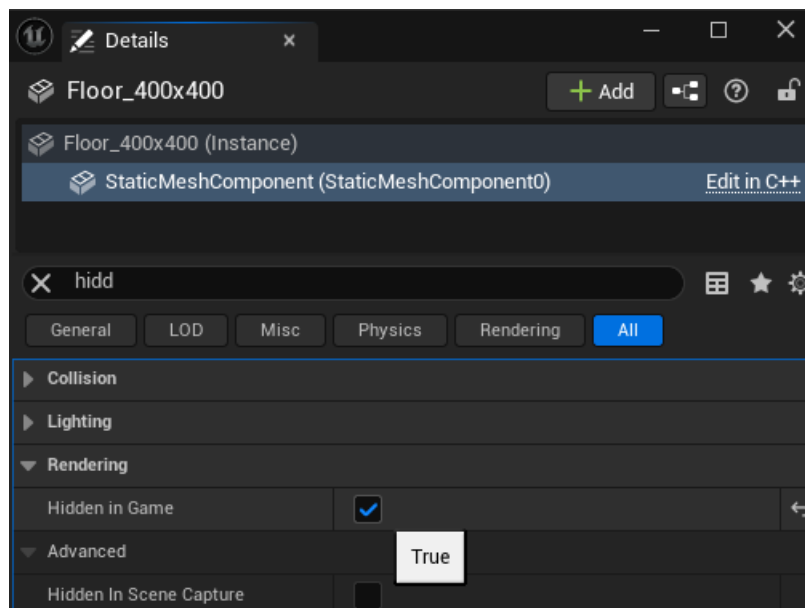
Důležité poznámky, které chybí v původním manuálu

- 1) Při vložení modelu prostředí vytvořeného pomocí 3D modelovacího programu z reálného prostředí, ať už je to PostShot apod., je vždy potřeba podložit základy, které určují fyzické hranice prostředí, což umožňuje správnou detekci kolizí a interakci hráče s prostředím. Tím jsou myšleny „statické meshe“, jako stěny, podlahy, schody apod. Například podlaha zajistí, že postava nebude "propadat" scénou, viz obrázek č. 53.



Obrázek 53 – Static Mesh (zdroj: vlastní)

Tyto statické meshe lze následně skrýt pomocí funkce "Hidden in Game", viz obrázek č. 54. Během fáze tvorby zůstanou viditelné, což usnadňuje práci na scéně, ale po spuštění hry budou automaticky skryty. Tím se dosáhne lepšího vizuálního efektu a čistší prezentace herního prostředí.



Obrázek 54 – Zapnutí funkce „Hidden in game“

(zdroj: vlastní)

- 2) Pokud je stejná postava vložena do scény vícekrát, všechny kopie této postavy budou sdílet stejné vlastnosti a chování. To znamená, že není možné každé kopii přiřadit odlišné textury nebo upravit její funkce individuálně. Jakákoli změna provedená na jedné kopii se automaticky projeví u všech ostatních, protože všechny sdílejí stejný „Skeletal Mesh Component“, který zajišťuje vykreslování a animaci 3D modelů spojených s kostrou (skeletonem). Pokud je potřeba mít ve scéně více postav, které se od sebe liší vzhledem nebo chováním, nelze použít opakovaně stejnou NPC postavu ze složky. Místo toho je nutné vložit jinou postavu s odlišnými vlastnostmi nebo vytvořit samostatnou kopii původní postavy a upravit ji podle potřeby. Tím zajistíte, že každá postava bude unikátní a může mít vlastní textury či funkce.

Kapitola č. 3 – Popis funkcí NPC

Samotné funkce NPC, které jsou podrobně rozebrány v této kapitole obsahují různé komponenty, které umožňují měnit textury, upravovat zorné pole (field of view) pro detekci okolí, nebo dokonce držet zbraně. Pomocí nastavených skriptů v bluepintu.

V nové verzi manuálu bylo upraveno pořadí podkapitol jednotlivých funkcí NPC dle přirozené posloupnosti postupů vytváření scény, viz tabulka č. 5.

Tabulka 5 – Změna pořadí podkapitol

Nová verze	Původní verze
3.1 Změna textury postavy	3.1 Field of View
3.2 Zorné pole (Field of View)	3.2 Zvýraznění viditelných objektů
3.3 Zobrazení viditelných objektů	3.3 Implementace zbraně
3.4. Implementace zbraně	3.4 Změna textury postavy

(zdroj: vlastní)

Důležitá informace, která v původním manuálu chyběla, se týká zobrazení funkcí postavy. Některé funkce NPC se zobrazí, až po spuštění simulace pomocí tlačítka Play v horní části editoru. Během fáze vytváření scén nemusí být všechny funkce viditelné nebo aktivní, dokud není simulace spuštěna. Mezi hlavní funkce, kterých se to týká jsou:

- Field of View.
- Zviditelnění objektu.
- Trajektorie střely.

Dále je potřeba zmínit, že externí zapnutí jednotlivých funkcí se provádí až u vytváření eventů v nástroji Sequencer. Nikoliv přímo v blueprintu postavy, což mohlo být pro někoho zavádějící. U podkapitoly implementace zbraně, bylo zmíněno připevnění zbraně na druhou ruku, u kterého následovala ukázka manuálního připevnění zbraně k dlani, viz obrázek č. 55.



Obrázek 55 – Připevnění zbraně k dlani (zdroj: vlastní)

Kapitola č. 4. – Sequencer

Co se obsahové stránky nového manuálu týče, tak je do této kapitoly v novém manuálu přidána podkapitola „Připojení postavy k spline“, jak již bylo zmíněno u změn v kapitole č. 2. Může se to jevit v souladu s postupem k vytvoření dané scény. Dále jsou sloučeny podkapitoly „Sequencer pro animace a události“, „Spouštění Custom Eventů“ a „Statická animace“ na jednu podkapitolu „Animace a události“, viz tabulka č. 6.

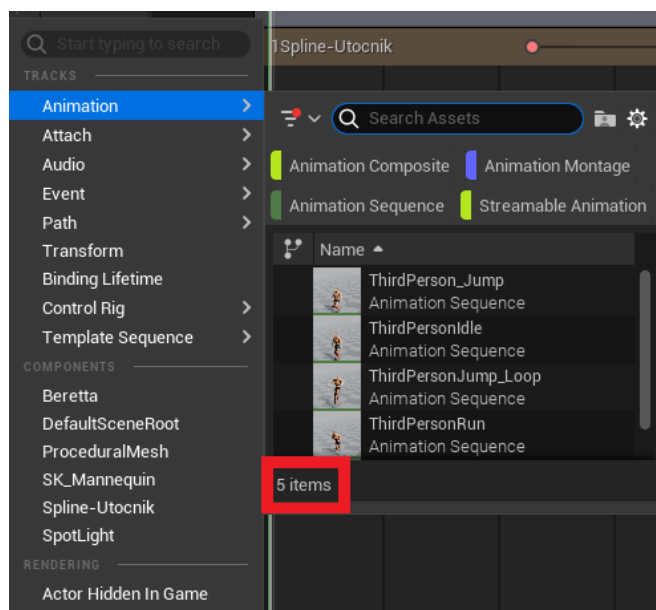
Tabulka 6 – Změna podkapitol

Nová verze	Původní verze
4.1 Připojení postavy k spline	4.1 Statická animace
4.2 Animace a události	4.2 Sequencer pro animace a události
4.3 Scéna ve virtuální realitě	4.3 Spouštění Custom Eventů
4.4. Multiplayer simulace	4.4 VR Ovládání
	4.5 Multiplayer

(zdroj: vlastní)

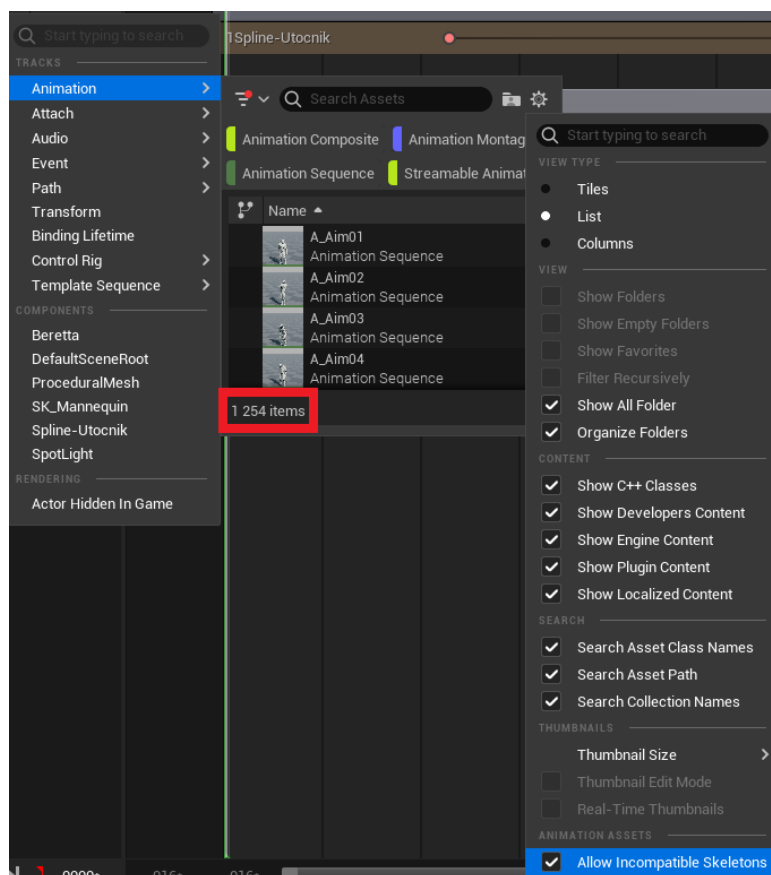
U podkapitoly spline a NPC postava, je v nové verzi manuálu zmíněno, aby se prvotně spline dané postavy nejdříve vložil do panelu Outliner a teprve potom do Sequenceru. V případě, kdy se spline přetáhne rovnou do Sequenceru, naruší to kompatibilitu a spline s postavou nebude pracovat správně.

Než se jednotlivé animace mohou vložit do scény, je potřeba najít tu správnou, která přesně zapadne. Z předchozího manuálu šlo pochopit, že každá animace pochází z různého packu (balíčku) animací, kde se uživatel mohl domnívat, že má daná postava omezené možnosti výběru animace pro scénu. V původním případě na obrázku č. 56 lze vidět 5 animací.



Obrázek 56 – Balíček animací (zdroj: vlastní)

V novém manuálu byla uvedena alternativa, jak tento výběr rozšířit, viz fotka č. 57 s nově přístupných 1254 animací. Odemkne se veškerá nabídka animací, které jsou v Content Browser, ať už původní, nebo nově stažené z nějakého internetového obchodu.



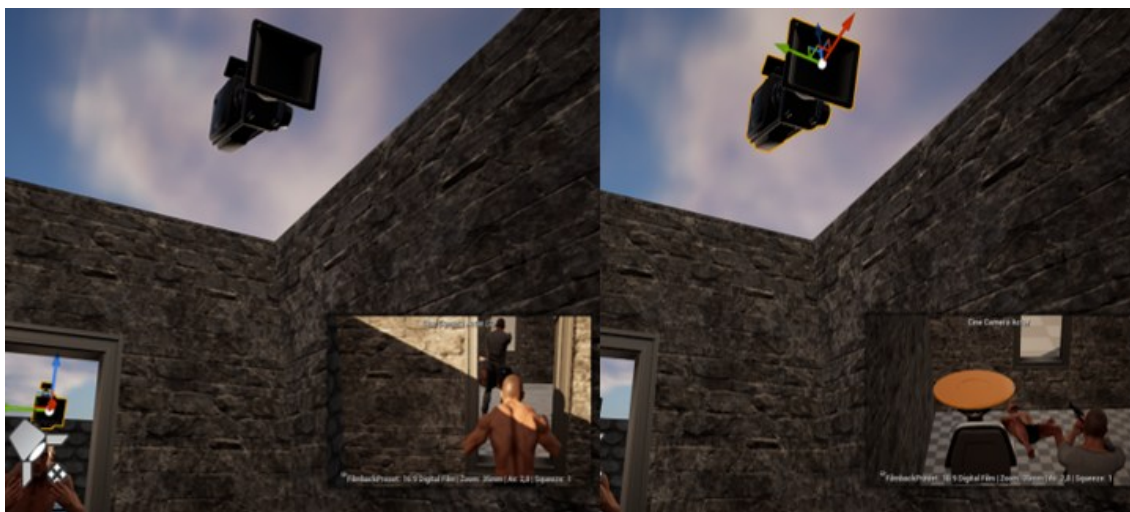
Obrázek 57 – Rozšířený balíček animací (zdroj: vlastní)

Kapitola č. 5 – Dodatečný obsah

Tato kapitola pojednávala o dodatečném vložení obsahu. Nový manuál je rozdělen na dvě části, 3D modelovací programy a online knihovny. Jsou to místa, ze kterých lze pomocí správného formátu zkopírovat model přímo do scény. U těchto kapitol jsou přidány a popsány jednotlivé programy nebo platformy, které lze pro vložení 3D modelu použít, které v přechozím manuálu chyběly.

Kapitola č. 6 – Záznam videa a analýza výkonu.

V novém manuálu je finální kapitola č. 6, záznam videa a analýza výkonu, kde je detailně popsáno, jak může nástroj Sequencer, vytvořit a zaznamenat video scény. Do této kapitoly jsou zakomponovány pohledy, které lze vidět při přiložení jednotlivých kamer, viz obrázek č. 58. Jejich Rozložení a směr, kterým bude videodokumentace natočena, může být nastavena pomocí nástrojů, jako jsou posouvání a rotace objektu.



Obrázek 58 – Videozáznam scény (zdroj: vlastní)

6.4 Shrnutí hlavních přínosů

Zde jsou vypsány majoritní přínosy, které byly implementovány do nového manuálu při využívání aplikace při rekonstrukci scénáře místa činu.

Vylepšení

- Logická struktura manuálu.
- Uvedení doporučené PC sestavy.
- Barevné označení základních prvků.
- Přidání klávesových zkratk.
- Objasnění prostředí funkce Blueprint.
- Objasnění připojení NPC postavy k spline.
- Zobrazení alternativy pro rozšířenější výběr animací NPC postavy.
- Popsání jednotlivých programů nebo platforem, které lze pro 3D model použít.

Rady/upozornění

- Použití statických meshů pro podporu základů 3D modelu.
- Není možné každé kopii přiřadit odlišné textury nebo upravit její funkce.
- Některé funkce NPC se zobrazí, až po spuštění simulace pomocí tlačítka Play.
- Externí zapnutí jednotlivých funkcí se provádí až u vytváření eventu ve Sequenceru.

7 DISKUSE

Tato kapitola shrnuje a kriticky hodnotí výsledky výzkumu zaměřeného na implementaci virtuální reality do procesu rekonstrukce místa trestného činu.

Cíle této diskuse

- Vyhodnotit, jaké byly hlavní přínosy a jaké výzvy během práce byly odhaleny.
- Porovnání teoretické práce s praktickými metody kriminalistů.
- Návrh možnosti dalšího vývoje a aplikací VR technologie ve forenzní praxi.

Přínos softwarové digitalizace při rekonstrukci scénáře místa trestného činu

Implementace softwarové digitalizace do procesu rekonstrukce scénáře místa trestného činu přinesla několik zásadních inovací, které významně rozšiřují možnosti kriminalistické analýzy a prezentace důkazů. Při praktickém testování byl použit mobilní telefon iPhone 13 mini pro pořízení fotogrammetrických dat, která i tak posloužila jako základ pro vytvoření vysoce detailního 3D modelu místa činu. Následná vizualizace v softwarovém prostředí umožnila dynamickou rekonstrukci událostí s využitím pokročilých funkcí, kterými jsou:

1. Animace a spline trajektorie postav

Simulace pohybu osob, jako jsou pachatel, oběť nebo svědci umožňuje po přesně definovaných trajektoriích v rámci digitální rekonstrukce ověřit časovou a prostorovou proveditelnost různých scénářů. Díky této funkci lze analyzovat, zda je konkrétní průběh událostí realistický z hlediska pohybu jednotlivých osob v daném čase a prostoru. Současně vizualizace trajektorie střely a pádu oběti přináší možnost přesnější analýzy fyzikálních aspektů události, například ověření úhlu střelby či způsobu pádu těla.

2. Testování hypotéz a interaktivní změny scénáře

Možnost modifikovat parametry scény, kterými jsou poloha předmětů, osvětlení nebo pohyb postav, umožňuje v digitální rekonstrukci okamžitě vyhodnocovat, jak tyto změny ovlivňují průběh události. Vyšetřovatelé tak mohou snadno testovat různé hypotetické scénáře a rychle zjistit, jak by se situace vyvíjela za odlišných podmínek. Důležitou součástí této analýzy je také funkce „Field of View“ – zorný úhel svědka, která vizualizuje, co mohl svědek v daném okamžiku skutečně vidět s ohledem na fyzické překážky, jako jsou například stěny. Tímto způsobem lze objektivně ověřit věrohodnost svědeckých výpovědí

a odhalit případné nesrovnalosti mezi tím, co svědek tvrdí, a tím, co bylo v dané situaci skutečně možné vidět.

3. Imerzivní analýza ve virtuální realitě (VR)

Virtuální realita poskytuje vyšetřovatelům nástroje pro imerzivní a dynamickou analýzu digitálně rekonstruovaného místa trestného činu. Uživatelé mohou pomocí VR headsetu volně procházet prostorem, prozkoumávat detaily a manipulovat s objekty pomocí ručních ovladačů. Klíčovou součástí systému je "Widgetmenu", které umožňuje aktivovat specifické funkce. Funkce „Zvýraznění“ (NPC postav) zvýrazní postavy nebo objekty skrze překážky (např. stěny), což je zvláště užitečné pro ověření výpovědí svědků nebo rekonstrukci pohybu osob. Pro detailní průzkum scény je k dispozici možnost ovládání kamery pomocí klávesnice, která umožňuje plynulý pohyb po scéně, změnu úhlu pohledu nebo přiblížení na konkrétní detaily. Tato funkce je klíčová pro technickou analýzu.

4. Technická dostupnost

Použití běžně dostupného zařízení (iPhone) pro fotogrammetrii ukázalo možnost širší dostupnosti technologie i pro ty, kteří nedisponují moderními nástroji sběru dat, jako je například 3D laserový skener.

Digitalizovaná rekonstrukce scénáře místa činu přináší do kriminalistické praxe vyšší přesnost, interaktivitu a názornost. Umožňuje nejen ověřovat hypotézy v dynamickém prostředí, ale také prezentovat výsledky vyšetřování u soudu ve formě imerzivních vizualizací, které zvyšují srozumitelnost a důvěryhodnost důkazů. Kombinace fotogrammetrie a VR vytváří komplexní nástroj pro analýzu, školení i komunikaci mezi všemi účastníky trestního řízení. Hlavní výhodou je eliminace subjektivního zkreslení a možnost opakovaného testování scénářů bez nutnosti fyzické přítomnosti na místě činu.

Přínos softwarové dokumentaci při použití aplikace

Vytvořený manuál, který byl vytvořen v rámci návrhu dokumentace softwarové podpory procesu ohledání místa trestného činu, slouží jako praktický návod pro efektivní a správné využívání specializované aplikace při digitální rekonstrukci scénáře místa činu. Jeho hlavním cílem je usnadnit uživatelům orientaci v prostředí softwaru, zjednodušit ovládání a minimalizovat riziko chyb při práci.

Díky logické struktuře, jasnému barevnému označení a praktickým radám mohou uživatelé rychleji najít potřebné informace a lépe se orientovat v jednotlivých funkcích

programu. Přehledné instrukce a doporučení minimalizují riziko chyb, zkracují dobu zaškolení nových uživatelů a umožňují efektivnější využití všech dostupných možností aplikace. Celkově tak manuál přispívá k vyšší efektivitě práce, větší jistotě při ovládání softwaru a představuje podpůrný dokument v rámci používání této aplikace.

Omezení a výzvy

Tato část se zaměřuje na identifikaci hlavních omezení a výzev, které byly během výzkumu a praktického testování implementace virtuální reality do procesu rekonstrukce místa trestného činu odhaleny. Cílem je kriticky zhodnotit faktory, jež mohou ovlivnit efektivitu, spolehlivost a širší využitelnost této technologie v kriminalistické praxi.

1. Ohledání místa činu

V současné kriminalistické praxi je ohledání místa činu považováno za neopakovatelný úkon, přičemž možnost dodatečné rekonstrukce nebo opětovného přezkoumání scény je výrazně omezená a realizuje se pouze v případě potřeby prostřednictvím dalších vyšetřovacích úkonů. Jak uvedl kriminalistický technik: *„OMČ je neopakovatelný úkon, který lze samozřejmě doplnit dalším nebo pokračujícím ohledáním. Rekonstrukce nebo vyšetřovací pokus jsou jiné vyšetřovací úkony, které se provádějí podle potřeby.“* Tato omezená opakovatelnost může v praxi znamenat komplikace v případech, kdy je nutné ověřit nové hypotézy nebo doplnit důkazy poté, co se místo činu již změnilo.

V tomto ohledu se nabízí otázka, zda by využití digitálních metod mohlo toto omezení současných metod překonat, zejména 3D skenování a virtuální realita. Pokud by bylo místo činu při prvotním ohledání digitálně oskenováno a převedeno do 3D modelu, kriminalisté by tak získali možnost scénu opakovaně analyzovat ve virtuálním prostředí, jak v původní, tak i v neporušené podobě. Tento přístup by nejen zvýšil flexibilitu vyšetřování, ale také by minimalizoval riziko ztráty nebo kontaminace důkazů. Zároveň by umožnil simulovat různé scénáře, ověřovat nové hypotézy a poskytovat názornou prezentaci důkazů, například u soudu nebo při školení.

Díky digitální archivaci by potom bylo možné se kdykoli vrátit na místo činu ve VR, provádět dodatečná měření a analýzy bez nutnosti fyzické přítomnosti.

2. Školení a výcvik

Jednou z diskutovaných otázek byla také potřeba speciálního školení pro obsluhu nových technologií. Kriminalistický technik uvedl: *„Školení bude určitě potřeba, a to nejen*

pro pořizovatele a zpracovatele těchto záznamů, ale i pro jejich uživatele.“ Nabízí se zde otázka, kdo by tato školení měl realizovat a jak by bylo možné efektivně šířit potřebné znalosti v rámci celé policejní praxe. Vhodným řešením by mohlo být zapojení specializovaných výcvikových center nebo spolupráce s technologickými firmami, které by školení poskytovaly přímo při zavádění nových systémů.

3. Časová náročnost

V souvislosti s časovou náročností dokumentace místa činu technik uvedl: *„Nejsem si jist. Pokud bude VR jako nadstavba dokumentace, potom tuto dobu OMČ pravděpodobně prodlouží.“* To otevírá otázku, jak by bylo efektivnější VR technologii zařadit, aby celkovou dobu ohledání neprodlužoval. Nabízí se plně nahradit některé současné metody či sloučit jednotlivé kroky do jednoho integrovaného procesu. To by znamenalo nahradit vybrané současné metody automatizovaným 3D skenováním a VR vizualizací, tak i dále propojit sběr dat, zpracování a analýzu do jednoho systému. Tím pádem by bylo potřeba i upravit metodické postupy a právní rámec, jinak by digitální výstupy těžko byly akceptovány jako důkazy.

4. Rozpor při zvláštním způsobu dokazování

Dalším důležitým tématem byl možný rozpor při kombinaci různých metod dokumentace, zejména v situacích, kdy vyšetřovací pokus odhalí chybu v samotné rekonstrukci průběhu události. Technik potvrdil, že takové situace skutečně nastávají: *„Ano, může. Při VP se opravdu může ukázat, že některá část rekonstrukce tak jak ji popisuje třeba pachatel, se v důsledku fyzikálních zákonů nemohla stát jím uváděným způsobem.“* Tento poznatek poukazuje na limity tradičních metod, kdy je rekonstrukce často závislá na subjektivních výpovědích a ručně pořizované dokumentaci, což může vést k nepřesnostem nebo opomenutí klíčových detailů.

V této souvislosti se nabízí úvaha, zda by využití VR aplikace mohlo tyto rozpory odhalit dříve a přesněji. Virtuální realita umožňuje vytvořit detailní a objektivní 3D model místa činu, ve kterém lze simulovat různé scénáře a pohyby osob podle výpovědí svědků či podezřelých. Taková vizualizace by mohla kriminalistům umožnit ověřit fyzikální proveditelnost jednotlivých tvrzení ještě před samotným vyšetřovacím pokusem v reálném prostředí. Pokud by například VR simulace ukázala, že určité události nemohly nastat tak, jak byly popsány, bylo by možné hypotézy upravit či zaměřit vyšetřování na jiné aspekty.

5. Ochrana osobních údajů

Důležitou oblastí je také ochrana osobních údajů a soukromí při používání VR v soudních procesech. Technik upozornil: *„Použití by mělo odpovídat podle ÚOOÚ... Základním právním předpisem regulujícím zpracování osobních údajů je nařízení Evropského parlamentu a Rady 2016/679 (GDPR) ... Tento zákon rozdělil v § 4 zpracování osobních údajů na 3 oblasti...“* Z toho vyplývá, že implementace VR technologií v justiční praxi bude muset být v souladu s evropskou legislativou a bude vyžadovat nastavení jasných pravidel pro ochranu dat všech zúčastněných osob.

Porovnání teoretické části s praxí kriminalisty

Následně v porovnání teoretických poznatků současných metod dokumentace a praktických zkušeností kriminalistického technika (dokumentaristy) ukazuje, že současná kriminalistická dokumentace místa činu v České republice je založena především na fotografické dokumentaci a v některých případech také videodokumentace. Tyto metody jsou právně zakotvené v § 55 a násl., zákon č. 141/1961 Sb., trestní řád a v závazných interních předpisech, například v Závazném pokynu policejního prezidenta č. 100/2018. Praktické zkušenosti technika potvrzují, že základními prostředky zůstávají fotoaparát a kamera, přičemž na lépe vybavených pracovištích je možné využít i pokročilejší technologie: *„Prostředky pro dokumentaci jsou fotoaparát, kamera, pokud je pracoviště techniky vybaveno, tak je možné použít snímkování prostoru pomocí dronů, 3D sken, panoramatickou fotografii.“* V závislosti na konkrétním pracovišti je možné využít 3D skener a následné zpracování nasnímaných dat na celém území ČR, přičemž respondent uvedl, že v současnosti tímto vybavením disponují například KÚ Praha a OOK KŘ Zlín. To potvrzuje, že digitální metody a 3D modelování se postupně stávají součástí kriminalistické dokumentace, ačkoliv jejich rozšíření je zatím omezeno dostupností technického vybavení.

Z hlediska časové náročnosti dokumentace technik upozornil, že délka procesu je silně individuální a závisí na charakteru místa činu, jeho rozsahu a vnějších podmínkách. Podle jeho slov *„OMČ je komplexní záležitost, která podle typu místa, činu a dalších faktorů může trvat i několik hodin (v extrémních případech i mnohem déle – např. místa velkých neštěstí apod.).“* Tato zkušenost odpovídá závěrům odborné literatury, která zdůrazňuje, že kvalita a úplnost dokumentace je zásadní pro následnou rekonstrukci a dokazování u soudu.

Za nejobtížnější aspekty dokumentace označil kriminalistický technik především ztížené terénní a povětrnostní podmínky nebo špatně přístupná místa. Uvedl: *„Pokud bychom vzali v úvahu terénní podmínky, tak se hůře dokumentují například těžko dostupná*

místa (vysoké hory, vodní prostory pod vodní hladinou...). Dále mohou mít vliv povětrnostní podmínky – silný déšť, sněžení, vichřice...“ Teoretická východiska k tomu dodávají, že k obtížím může přispívat i omezená přesnost ručních metod, riziko lidské chyby, zkreslení obrazu nebo omezená možnost zachytit prostorové vztahy v 2D dokumentaci. Jako hlavní omezení současných metod dokumentace označil technik zejména finanční náročnost při pořizování moderních technologií, když uvedl: „Možná finanční náročnost při pořizování nových technologií.“

Pokud jde o otázku objektivitu a přesnosti, technik uvedl, že v rámci stávajících metod v praxi zásadní problémy nevnímá, neboť dokumentace je vždy propojena s popisnou částí protokolu dle zákona č. 141/1961 Sb.: *„Z hlediska použití stávajících metod dokumentace nemáme problémy s objektivitou. Dokumentace je vždy propojena s popisnou částí OMČ, kterou je obligatorně podle zákona č. 141/1961 Sb. § 55 protokol.“* To odpovídá požadavkům právních předpisů i odborných doporučení, které kladou důraz na přesnost, úplnost a právní zakotvení dokumentace.

Respondent dále potvrdil, že při kombinaci různých metod nebo při rekonstrukci může dojít k odhalení nesrovnalostí, například při vyšetřovacím pokusu, kdy se ukáže, že některé části rekonstrukce neodpovídají fyzikálním zákonům nebo skutečnému průběhu událostí: *„Ano, může. Při VP se opravdu může ukázat, že některá část rekonstrukce tak, jak ji popisuje třeba pachatel, se v důsledku fyzikálních zákonů nemohla stát jím uváděným způsobem.“* Stejně tak může být někdy obtížné propojit různé pohledy nebo svědecké výpovědi s dokumentací místa činu, což respondent stručně potvrdil: *„Může se to stát.“* Tyto poznatky jsou v literatuře rovněž uváděny jako jedno z úskalí rekonstrukce a dokazování.

Významnou roli v praxi hraje také závazný pokyn policejního prezidenta, který detailně rozpracovává činnosti Policie ČR v rámci ohledání a stanovuje konkrétní požadavky na dokumentaci. Podle respondenta *„je to interní předpis, který detailněji rozpracovává činnosti PČR v rámci ohledání.“* To odpovídá teoretickému rámci, kde je tento pokyn označován za klíčový nástroj standardizace a zajištění kvality dokumentace v policejní praxi.

Celkově lze konstatovat, že praxe kriminalistické dokumentace v ČR odpovídá teoretickým zásadám a právním požadavkům, přičemž inovace jako 3D skenování, drony či panoramatická fotografie jsou vnímány jako užitečné rozšíření tradičních metod, avšak jejich širší využití je zatím limitováno zejména finančními, technickými a organizačními faktory.

Návrh možnosti dalšího vývoje VR technologie ve forenzní praxi

Jako první věc, co si lze představit, je propojení virtuální reality a umělé inteligence, což by mohlo ve vyšetřování trestných činů znamenat skutečný průlom. Představa, že by počítač sám dokázal analyzovat digitální model místa činu, najít důležité stopy nebo navrhnout možné scénáře, jak se událost mohla odehrát. Vyšetřovatelé by si pak mohli vše „na vlastní oči“ prohlédnout ve virtuální realitě a okamžitě otestovat různé možnosti, aniž by museli složitě rekonstruovat události v reálném světě. To by mohlo ušetřit spoustu času a snížit riziko lidských chyb.

Pokud by se zašlo ještě dál a do šlo by k využití možnosti virtuální reality v kombinaci s detailními 5D modely, nebylo by možné místo činu jen prozkoumat z libovolného úhlu a pohledu, ale také v různých časových okamžicích a s ohledem na další důležité datové vrstvy, například změny osvětlení, teploty nebo pohyb osob v čase. Taková 5D prezentace by mohla výrazně zvýšit názornost, srozumitelnost a objektivitu celého vyšetřování i soudního procesu, protože by umožnila simulovat a ověřovat různé scénáře v jejich časoprostorovém kontextu a s využitím všech dostupných digitálních informací.

Pokud by došlo ke konkrétnímu propojení všech výše uvedených moderních nástrojů (AI, VR a 5D), mohlo by to zásadně proměnit způsob, jakým se vyšetřují trestné činy. Díky detailním digitálním modelům místa činu by bylo možné nejen „procházet“ scénu ve virtuální realitě z pohledu kohokoli a v jakémkoli čase, ale také sledovat, jak se vše vyvíjelo – například jak se pohybovali jednotliví lidé, jaké byly světelné podmínky, kam by mohla dopadnout střela apod. Umělá inteligence by navíc mohla automaticky analyzovat všechny dostupné informace, hledat nesrovnalosti a navrhnout možné scénáře, které by si vyšetřovatelé mohli okamžitě vyzkoušet ve VR. Taková technologie by mohla usnadnit odhalení pravdy, protože by umožnila ověřit různé verze událostí, názorně je prezentovat, a zároveň by pomohla odhalit detaily, které by jinak mohly zůstat nepovšimnuty.

Shrnutí autora

1. **VR + AI** = Inteligentní analýza a interaktivní testování hypotéz.
2. **VR + 5D** = Imerzivní vizualizace komplexních dynamických modelů.
3. **VR + AI + 5D** = Revoluce ve forenzní praxi.

Tato integrace by měla zcela jistě potenciál změnit vyšetřování trestných činů v důkladnější, rychlejší a transparentnější proces.

ZÁVĚR

Tato diplomová práce byla zaměřena na digitalizaci současných kriminalistických metod prostřednictvím využití vizualizace virtuální reality. Cílem práce bylo (1) zmapovat současné metody a technologie využití virtuální reality a popsat jejich aplikace pro Policii České republiky, (2) analyzovat právní a metodický rámec dokumentace místa trestného činu v ČR, (3) navrhnout systém digitalizace dokumentace místa trestného činu a (4) vytvořit dokumentaci k využití softwarové podpory procesu ohledání místa trestného činu.

K dosažení prvního cíle byly v teoretické části zmapovány dostupné metody a technologie využití virtuální reality u Policie ČR na základě odborné literatury. Druhý cíl byl naplněn analýzou právního rámce kriminalistické dokumentace, která je zakotvena zejména v zákoně č. 141/1961 Sb., o trestním řízení soudním, a doplněna dalšími právními předpisy a interními pokyny. Metodický rámec byl dále porovnán s praxí kriminalistického technika na základě polostrukturovaného rozhovoru, přičemž obě analýzy se shodovaly.

Třetí cíl byl realizován návrhem a ověřením pracovního postupu digitální rekonstrukce místa činu, kdy byly fotografie z místa činu zpracovány do 3D modelu a následně vizualizovány v aplikaci VirtEvid. Tato aplikace umožnila nejen interaktivní procházení scénou, ale také testování různých hypotéz a simulaci klíčových aspektů události, například pohybu osob, trajektorie střely či zorného pole svědka. Významným přínosem bylo zobrazení celé scény ve virtuální realitě, což umožnilo detailní a názornou analýzu událostí.

Posledním cílem bylo vytvoření dokumentace k využití této aplikace při zvláštních způsobech dokazování. Výsledný manuál slouží jako praktický návod pro efektivní a správné používání aplikace při digitální rekonstrukci scénáře místa činu a přispívá ke standardizaci a zvýšení spolehlivosti tohoto moderního nástroje v kriminalistické praxi.

Zpracováním této práce lze konstatovat, že navržený pracovní postup i vytvořený manuál přispívají k přesnější, názornější a objektivnější rekonstrukci trestných činů a představují důležitý krok směrem k širšímu využití digitálních technologií v oblasti forenzního dokazování. Výsledky této práce mohou sloužit jako základ pro další rozvoj a implementaci virtuální reality v kriminalistické praxi a přispět ke zvýšení efektivity a důvěryhodnosti vyšetřovacích procesů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AUKSTAKALNIS, Steve, 2017. *Practical augmented reality: a guide to the technologies, applications and human factors for AR and VR*. Boston: Addison-Wesley. ISBN 978-0-13-409423-6.

BAIENSON, Jeremy, 2018. *Experience on demand: what virtual reality is, how it works, and what it can do*. New York: W.W. Norton & Company. ISBN 978-0-393-25369-6.

BARNARD, D, 2024. History of VR – Timeline of Events and Tech Development. *VirtualSpeech* [online]. Dostupné z: <https://virtualspeech.com/blog/history-of-vr> [cit. 2025-03-09].

ČERMÁK, Milan, 2012. *Bezpečnostní příprava*. Skripta pro střední a vyšší odborné školy. Praha: Armex. ISBN 978-80-87451-20-5.

ČESKO, 1961. *Zákon č. 141/1961 Sb., trestní řád*. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1961-141> [cit. 2025-03-02].

ČESKO, 2008. *Zákon č. 273/2008 Sb., o Policii České republiky*. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-273> [cit. 2025-03-02].

DAUCHOT, N, 2018. The User Experience of Virtual Reality. *Medium* [online]. Dostupné z: <https://medium.com/uxxr/the-user-experience-of-virtual-reality-c464762deb8e> [cit. 2025-02-03].

DERAKHSHANI, Dariush, 2006. *Maya: průvodce 3D grafikou*. Průvodce. Praha: Grada. ISBN 80-247-1253-9.

Etechblog.cz, 2022. Smíšená realita vysvětlená za 5 minut nebo méně. *eTechBlog* [online]. Dostupné z: <https://etechblog.cz/smisena-realita-vysvetlena-za-5-minut-nebo-mene/> [cit. 2025-03-02].

GIRDHÁR, A, 2025. 9 Major Limitations of Virtual Reality. *Appy Pie* [online]. Dostupné z: <https://www.appypie.com/blog/virtual-reality-limitations> [cit. 2025-03-02].

HANKA, M, 2022. Organizace [online]. Univerzita Hradec Králové. Dostupné z: <https://lide.uhk.cz/fim/student/hankama1/organizace.html> [cit. 2025-03-03].

HEANEY, D, 2019. How VR Tracking Works. *UploadVR* [online]. Dostupné z: <https://www.uploadvr.com/how-vr-tracking-works/> [cit. 2025-03-02].

HLAVÁČEK, Jan, 2008. *Krimi servis Hlaváček: služby v oblasti kriminalistiky*. Praha: Jan Hlaváček [online]. Dostupné z: <http://www.krimi-servis.cz/>. [cit. 2025-02-03].

CHMELÍK, Jan a BRUNA, Eduard, 2018. *Dokazování v trestním řízení: trestněprávní a kriminalistické aspekty*. Eupress. Praha: Vysoká škola finanční a správní. ISBN 978-80-7408-175-0. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:43f5b1d0-c4ed-11ea-b7a2-005056827e51>.

CHMELÍK, Jan, 2005. *Místo činu a znalecké dokazování*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. ISBN 80-86898-42-3. Dostupné také z: <http://kramerusndk.nkp.cz/search/handle/uuid:a1baabe0-8f96-11e5-a715-005056827e52>.

CHRISTINA, 2021. How to Create an Animation Pipeline: Pre- & Post-Production Process [online]. *Blue Carrot.io*. Dostupné z: <https://bluecarrot.io/blog/how-to-create-an-animation-pipeline-pre-amp-post-production-process/> [cit. 2025-03-02].

JELÍNEK, Jiří, 2022. *Trestní zákoník a trestní řád s poznámkami a judikaturou: zákon o soudnictví ve věcech mládeže, zákon o trestní odpovědnosti právnických osob a řízení proti nim, advokátní tarif: podle stavu k 1.9.2022*. 9. aktualizované vydání. Glosátor. Praha: Leges. ISBN 978-80-7502-637-8.

KERLOW, Isaac Victor, 2011. *Mistrovství 3D animace: [ovládněte techniky profesionálních filmových tvůrců]*. Mistrovství. Brno: Computer Press. ISBN 978-80-251-2717-9.

KRIMINALISTICKÁ DOKUMENTACE, © 2024. *Policie ČR* [online]. Dostupné z: <https://policie.gov.cz/clanek/celorepublikove-utvary-kriminalisticky-ustav-praha-zpravodajstvi-test-4.aspx> [cit. 2025-03-03].

MACDONALD, N.-A, 2025. Virtual reality in the courtroom: The future of justice [online]. *JD Supra*. Dostupné z: <https://www.jdsupra.com/legalnews/virtual-reality-in-the-courtroom-the-3814685/> [cit. 2025-03-02].

MALÍKOVÁ, T, 2023. Rozšířená realita: Průnik virtuálního a skutečného světa. *Orange Academy* [online]. Dostupné z: <https://orangeacademy.cz/clanky/rozsirena-realita/> [cit. 2025-03-02].

MANELI, M. A. a ISAFIADE, O. E, 2022. 3D Forensic Crime Scene Reconstruction Involving Immersive Technology: A Systematic Literature Review. *IEEE Access*. 10,

88821-88857. DOI 10.1109/ACCESS.2022.3199437. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3199437> [cit. 2025-03-02].

MÉRIENNE, F, 2017. Virtual Reality: Principles and Applications. *Encyclopedia of Computer Science and Technology*. Taylor and Francis, s. 1–11. Dostupné z: <https://hal.science/hal-01728062/document> [cit. 2025-03-02].

MILLS, M, 2023. Virtuální realita: Vše, co potřebujete vědět. *ITIGIC* [online]. Dostupné z: <https://itigic.com/cs/virtual-reality-everything-you-need-to-know/> [cit. 2025-03-02].

MORAVČÍK, Ondřej, © 2021. Virtuální realita ve výcviku policistů. *Policie České republiky* [online]. Dostupné z: <https://policie.gov.cz/clanek/virtualni-realita-ve-vycviku-policistu.aspx> [cit. 2025-03-02].

NEWS.COM.AU, 2016. Virtual reality of Auschwitz extermination camp helps net last Nazi criminals [online]. Dostupné z: <https://www.news.com.au/technology/innovation/virtual-reality-of-auschwitz-extermination-camp-helps-net-last-nazi-criminals/news-story/a3a5055579de3bb7024f8ba7e9a7d36f> [cit. 2025-03-02].

POLICIE VR, 2024. *Vývoj technologie ve výcviku policistů* [online]. Dostupné z: <https://policievr.cz/> [cit. 2025-03-02].

PORADA, Viktor a RAIS, Karel, 2021. *Právní, kriminalistické a kybernetické aspekty kybernetické kriminality a bezpečnosti: pocta Vladimíru Smejkalovi*. Vydání: první. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN 978-80-7623-065-1. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:fd752d50-77f2-11ee-883e-0050568d319f>.

PORADA, Viktor, 2007. *Kriminalistika: (úvod, technika, taktika)*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. ISBN 978-80-7380-038-3.

PORADA, Viktor, 2016. *Kriminalistika: technické, forenzní a kybernetické aspekty*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o. ISBN 978-80-7380-589-0.

PROTIVINSKÝ, Miroslav a KLVAŇA, Karel, 2007. *Základy kriminalistiky*. 2. vyd. Skripta pro střední a vyšší odborné školy. Praha: Armex. ISBN 9788086795508.

QUORA, 2018. The Difference Between Virtual Reality, Augmented Reality And Mixed Reality. *Forbes* [online]. Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/quora/2018/02/02/the-difference-between-virtual-reality-augmented-reality-and-mixed-reality/> [cit. 2025-02-03].

SEN, A, 2023. Criminal Law and Virtual Reality: Exploring the Legal Challenges of Virtual Crimes and Virtual World. *Legal Bites* [online]. Dostupné z: <https://www.legalbites.in/topics/articles/criminal-law-and-virtual-reality-exploring-the-legal-challenges-of-virtual-crimes-and-virtual-world-932970> [cit. 2025-03-02].

SIEBERTH, Till et al, 2021. The forensic holodeck – Recommendations after 8 years of experience for additional equipment to document VR applications [online]. *Forensic Science International*. roč. 329, s. 111092. ISSN 0379-0738. DOI: 10.1016/j.forsciint.2021.111092. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2021.111092> [cit. 2025-03-02].

ŠIŘIŠŤOVÁ, Violeta, © 2024. Virtuální náborové centrum Policie ČR. *Policie České republiky* [online]. Dostupné z: <https://policie.gov.cz/clanek/virtualni-naborove-centrum-policie-cr.aspx> [cit. 2025-03-02].

STRAUS, Jiří, 2008. *Kriminalistická taktika*. 2., rozš. vyd. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. ISBN 978-80-7380-095-6. Dostupné také z: <http://krameriusndk.nkp.cz/search/handle/uuid:985ddfe0-bb8d-11e5-b5dc-005056827e51>.

STRAUS, Jiří, 2012. *Kriminalistická technika*. 3. rozš. vyd. Plzeň: Aleš Čeněk. ISBN 978-80-7380-409-1.

SUCHÁNKOVÁ, Vlasta, © 2024. Středočeská policie zavádí do výcviku policistů virtuální realitu. *Policie České republiky* [online]. Dostupné z: <https://policie.gov.cz/clanek/stredoceska-policie-zavadi-do-vycviku-policistu-virtualni-realitu.aspx> [cit. 2025-03-02].

ŠÁMAL, Pavel, 2013. *Trestní řád: komentář*. 7., dopl. a přeprac. vyd. Velké komentáře. V Praze: C.H. Beck. ISBN 978-80-7400-465-0.

ŠANTRŮČEK, P, 2015. Virtuální realita a požadavky na grafické karty. *Svět hardware* [online]. Dostupné z: <https://www.svethardware.cz/recenze-virtualni-realita-a-pozadavky-na-graficke-karty/41502-4> [cit. 2025-03-02].

ŠEVČÍK, Jiří, 2022. *Rekonstrukce trestného činu ve virtuální realitě*. Disertační práce. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta aplikované informatiky, Ústav bezpečnostního inženýrství. ISBN 978-80-7678-142-9. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/52417>.

ŠTEINBACH, Miroslav, 2021. *30 let Policie České republiky*. Praha: Policejní prezidium ČR. ISBN 978-80-908139-0-8.

THOMPSON, S, 2024. VR Applications: How Virtual Reality is Used Across Various Industries. *VirtualSpeech* [online]. Dostupné z: <https://virtualspeech.com/blog/vr-applications> [cit. 2025-03-02].

TONERPARTNER, 2020. Průvodce 3D skenery: jaké jsou jejich výhody a nevýhody? [online]. Ostrava. Dostupné z: <https://www.tonerpartner.cz/clanky/pruvodce-3d-skenery-jake-jsou-jejich-vyhody-a-nevyhody-25287cz39332/> [cit. 2025-02-03].

UNESCO, 2023. Exploring the Impact of Virtual and Augmented Reality in Courts [online]. Dostupné z: <https://www.unesco.org/en/articles/exploring-impact-virtual-and-augmented-reality-courts> [cit. 2025-03-02].

VR EDUCATION, 2025. Virtuální realita – historie a současnost. *VR Education* [online]. Dostupné z: <https://vreducation.cz/virtualni-realita-historie-a-soucasnost/> [cit. 2025-03-02].

VRČesko.cz, 2023. Historie a vývoj virtuální reality. *VRČesko.cz* [online]. Dostupné z: <https://www.vrcesko.cz/post/historie-a-vyvoj-virtualni-reality> [cit. 2025-03-02].

WIGGERS, Kyle, 2022. OpenAI releases Point-E, an AI that generates 3D models [online]. Dostupné z: <https://techcrunch.com/2022/12/20/openai-releases-point-e-an-ai-that-generates-3d-models/> [cit. 2025-03-02].

WIKISOFIA, 2025. Základy reprezentace trojrozměrného prostoru v počítači [online]. Dostupné z: https://wikisofia.cz/wiki/Z%C3%A1klady_reprezentace_trojrozm%C4%9Brn%C3%A9ho_prostoru_v_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8D%C3%AD [cit. 2025-03-02].

XINHUA, 2018. China introduces virtual reality to preserve cultural heritage [online]. *China.org.cn*. Dostupné z: http://www.china.org.cn/china/2018-03/02/content_50634714.htm [cit. 2025-03-02].

YASAR, K. a SHELDON, R, 2024. What is Virtual Reality? How it's Used and How it Will Evolve. *TechTarget* [online]. Dostupné z: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/virtual-reality> [cit. 2025-03-09].

ZUZA, Mikolas, 2018. Fotogrammetrie – 3D skenování s použitím fotoaparátu či mobilu [online]. Dostupné z: <https://josefprusa.cz/fotogrammetrie-3d-skenovani-s-pouzitim-fotoaparatu-ci-mobilu/> [cit. 2025-02-03].

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Trojrozměrný prostor definovaný třemi osami kartézské soustavy souřadnic (zdroj: Wikisofia, 2025)	30
Obrázek 2 – Typy virtuální reality (zdroj: Yasar, 2024)	33
Obrázek 3 – Vztah mezi uživatelem a virtuálním prostředím (zdroj: Mérienne, 2017).....	36
Obrázek 4 – Organizační struktura Policie České republiky (zdroj: Hanka, 2022)	45
Obrázek 5 – Zvládání náročné komunikace pomocí virtuální reality (zdroj: Policie České republiky, 2021)	49
Obrázek 6 – Detailní snímek předmětu (zdroj: vlastní).....	57
Obrázek 7 – Snímek pokrývající větší část prostoru (zdroj: vlastní).....	58
Obrázek 8 – Vytváření modelu (zdroj: vlastní)	62
Obrázek 9 – Export dat (zdroj: vlastní)	62
Obrázek 10 – Nastavení parametrů modelu (zdroj: vlastní).....	63
Obrázek 11 – Počáteční model (zdroj: vlastní).....	64
Obrázek 12 – Označení modelu (zdroj: vlastní)	65
Obrázek 13 – Použití funkce Remove (zdroj: vlastní).....	65
Obrázek 14 – Použití funkce Brush Selection (zdroj: vlastní).....	66
Obrázek 15 – Použití funkce Brush Selection (zdroj: vlastní).....	66
Obrázek 16 – První verze modelu (zdroj: vlastní).....	67
Obrázek 17 – Chybějící část modelu (zdroj: vlastní)	68
Obrázek 18 – Chybějící část modelu (zdroj: vlastní)	68
Obrázek 19 – Kompletní struktura modelu (zdroj: vlastní).....	69
Obrázek 20 – Použití funkce Delete Selected Splats (zdroj: vlastní)	69
Obrázek 21 – Nadbytek šumu v modelu (zdroj: vlastní)	70
Obrázek 22 – Použití funkce Select Circle with Depth Limit (zdroj: vlastní).....	70
Obrázek 23 – Odstranění šumu (zdroj: vlastní)	71
Obrázek 24 – Model č. 1 (zdroj: vlastní)	73
Obrázek 25 – Model č. 2 (zdroj: vlastní)	73
Obrázek 26 – Vložený model (zdroj: vlastní).....	75
Obrázek 27 – Doplnění statickými modely (zdroj: vlastní).....	76
Obrázek 28 – Vložení NPC postav (zdroj: vlastní)	76
Obrázek 29 – Zbraň ve scéně (zdroj: vlastní)	77
Obrázek 30 – Vytvoření scény (zdroj: vlastní).....	77
Obrázek 31 – Propojení spline a NPC postavy (zdroj: vlastní)	78
Obrázek 32 – Vytvoření trajektorie postavy (zdroj: vlastní)	78

Obrázek 33 – Přidání animací k NPC (<i>zdroj: vlastní</i>).....	79
Obrázek 34 – Tvorba eventu (<i>zdroj: vlastní</i>).....	79
Obrázek 35 – Externí zapnutí funkce (<i>zdroj: vlastní</i>).....	79
Obrázek 36 – Kompletní scéna (<i>zdroj: vlastní</i>).....	80
Obrázek 37 – Usazení postav na počáteční bod (<i>zdroj: vlastní</i>).....	80
Obrázek 38 – Počáteční konflikt mezi NPC postav (<i>zdroj: vlastní</i>).....	81
Obrázek 39 – Vyústěný konflikt (<i>zdroj: vlastní</i>).....	82
Obrázek 40 – Střelba pachatele (<i>zdroj: vlastní</i>).....	82
Obrázek 41 – Zapnutí funkce zorného pole (<i>zdroj: vlastní</i>).....	83
Obrázek 42 – Pád oběti (<i>zdroj: vlastní</i>).....	84
Obrázek 43 – Zapnutí funkce zviditelnění postav (<i>zdroj: vlastní</i>).....	84
Obrázek 44 – Závěr scény (<i>zdroj: vlastní</i>).....	85
Obrázek 45 – Použitý headset (<i>zdroj: vlastní</i>).....	86
Obrázek 46 – Funkce pro virtuální prostředí (<i>zdroj: vlastní</i>).....	87
Obrázek 47 – Widgetmenu (<i>zdroj: vlastní</i>).....	87
Obrázek 48 – Widgetmenu (<i>zdroj: vlastní</i>).....	88
Obrázek 49 – Virtuální pozice uživatele (<i>zdroj: vlastní</i>).....	88
Obrázek 50 – Reálná pozice uživatele (<i>zdroj: vlastní</i>).....	89
Obrázek 51 – VRSpectator (<i>zdroj: vlastní</i>).....	89
Obrázek 52 – Jednotlivé části rozhraní (<i>zdroj: vlastní</i>).....	96
Obrázek 53 – Static Mesh (<i>zdroj: vlastní</i>).....	98
Obrázek 54 – Zapnutí funkce „Hidden in game“ (<i>zdroj: vlastní</i>).....	99
Obrázek 55 – Připevnění zbraně k dlani (<i>zdroj: vlastní</i>).....	100
Obrázek 56 – Balíček animací (<i>zdroj: vlastní</i>).....	102
Obrázek 57 – Rozšířený balíček animací (<i>zdroj: vlastní</i>).....	102
Obrázek 58 – Videozáznam scény (<i>zdroj: vlastní</i>).....	103

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Komparace modelů	72
Tabulka 2 – Role a vlastnosti NPC postav.....	85
Tabulka 3 – Porovnání obsahu.....	95
Tabulka 4 – Rozdíl mezi Construcion Script a Event Graph.....	97
Tabulka 5 – Změna pořadí podkapitol	100
Tabulka 6 – Změna podkapitol	101

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AR	Augmented reality (rozšířená realita)
HMD	Head Mounted Display (displej upevněný na hlavě)
HW	Hardware
KŘ	Krajské ředitelství
KÚ	Krajský úřad
OMČ	Ohledání místa činu
OOK	Oddělení obecné kriminality
PČR	Policie České republiky
UE	Unreal Engine
VP	Vyšetřovací pokus
VR	Virtuální realita

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Polostrukturovaný rozhovor s kriminalistickým technikem.

Příloha P II: Manuál k programu VirtEvid.

PŘÍLOHA P I: POLOSTRUKTUROVANÝ ROZHOVOR S KRIMINALISTICKÝM TECHNIKEM

OSOBA: Dokumentarista (Kriminalistický technik)

Cíl rozhovoru: Cílem je zjistit pohled zkušeného kriminalistického technika na současné metody dokumentace místa činu, výzvy, kterým čelí, a možnosti využití virtuální reality (VR) v této oblasti.

1. Mohl byste mi krátce představit svou roli jako kriminalistický technik/dokumentarista? Jaký je váš podíl na vyšetřování místa trestného činu?

„Hlavní role technika při ohledání místa činu spočívá v komplexní dokumentaci místa činu a samozřejmě při vyhledání, zajištění a zabalení stop. To znamená v praxi prvotní dokumentaci místa činu tak, aby bylo jasné, jaký byl stav na místě ihned po příjezdu technika a výjezdové skupiny. Dále se po domluvě s vedoucím výjezdu (zpravidla vyšetřovatelem) stanoví postup ohledání, který se následně dokumentuje. Zároveň se provádí označování případných nalezených stop čísly (aby nedošlo k jejich záměně) a dokumentace těchto stop. Stopy se následně zajistí, zabalí a nachystají k převozu do laboratoře k dalšímu zpracování.“

2. Jakým způsobem obvykle dokumentujete místo trestného činu? Jaké nástroje a metody používáte (např. fotografie, 3D skenování, ruční náčrty)?

„Prostředky pro dokumentaci jsou fotoaparát, kamera, pokud je pracoviště techniky vybaveno tak je možné použít snímkování prostoru pomocí dronů, 3D sken, panoramatickou fotografii.“

3. Jak dlouho běžně trvá kompletní dokumentace místa činu od začátku do konce?

„Nelze jednoznačně definovat. OMČ je komplexní záležitost, která podle typu místa, činu a dalších faktorů může trvat i několik hodin (v extrémních případech i mnohem déle – např. místa velkých neštěstí apod.)“

4. Které aspekty místa činu jsou nejobtížnější k zachycení nebo zaznamenání?

„Nelze jednoznačně odpovědět. Pokud bychom vzali v úvahu terénní podmínky, tak se hůře dokumentují například těžko dostupná místa (vysoké hory, vodní prostory pod vodní hladinou...) Dále mohou mít vliv povětrnostní podmínky – silný déšť, sněžení, vichřice...“

5. Používají se již nyní nějaké moderní technologie, jako jsou 3D modely nebo jiné digitální metody?

„Ano. Podle pracoviště, které provádí dokumentaci místa činu je možné použít na celém území ČR 3D skener včetně následného zpracování nasnímaných dat (v současnosti disponují KÚ Praha a OOK KŘ Zlín).“

6. Jaký je význam digitálních stop v kriminalistice?

„Digitální stopa je záznam činnosti uživatele ve virtuálním prostředí, zejména jde o internet a výpočetní techniku a soubor těchto informací. Je to problematika analytiky.“

7. Jaká jsou hlavní omezení současných metod dokumentace?

„Možná finanční náročnost při pořizování nových technologií.“

8. Jaké problémy máte s přesností nebo objektivitou zachycení místa činu (například zkreslení prostoru, chybějící detaily)?

„Z hlediska použití stávajících metod dokumentace nemáme problémy s objektivitou. Dokumentace je vždy propojena s popisnou částí OMČ, kterou je obligatorně podle zákona č.141/1961 Sb. § 55 protokol. Co se týká detailů, provádí se detailní fotografická dokumentace.“

9. Je někdy problém propojit různé pohledy nebo svědecké výpovědi s dokumentací místa činu?

„Může se to stát.“

10. Jak často se stává, že je třeba dodatečně rekonstruovat nebo přezkoumat scénu činu kvůli neúplné dokumentaci?

„OMČ je neopakovatelný úkon, který lze samozřejmě doplnit dalším nebo pokračujícím ohledáním. Rekonstrukce nebo vyšetřovací pokus jsou jiné vyšetřovací úkony, které se provádějí podle potřeby.“

11. Může nastat nějaký rozpor při jejich kombinaci (např. vyšetřovací pokus odhalí, že je nějaká chyba v samotné rekonstrukci)?

„Ano, může. Při VP se opravdu může ukázat, že některá část rekonstrukce tak jak ji popisuje třeba pachatel, se v důsledku fyzikálních zákonů nemohla stát jím uváděným způsobem.“

12. Setkali jste se už s konceptem využití virtuální reality (VR) ve forenzních vědách nebo při vyšetřování?

„Ano, na prezentacích firem nabízejících tyto technologie.“

13. Jaký je váš první dojem z virtuální rekonstrukce scény?

„Pokud budu brát zkušenost s virtuální realitou, která byla modelovaná a následně vizualizovaná pomocí headsetu pro VR, potom se mi tato technologie líbí.“

14. Myslíte si, že by VR mohla pomoci při lepší vizualizaci a analýze místa činu? Pokud ano, v jakých konkrétních situacích?

„Myslím, že VR by mohla rozhodně lépe zprostředkovat místo činu lidem, kteří se na místě OMČ v době ohledání nenacházeli. (např. soudce, státní zástupce...)“

15. Jak by podle vás mohla VR pomoci při výslechu svědků? Myslíte si, že by bylo prospěšné, aby svědci znovu prožili scénu ve virtuálním prostředí?

„Nevím, nabízí se zde otázka další případné traumatizace svědka (oběti) daného činu. Nedokážu tuto otázku kvalifikovaně zodpovědět, byla by to spíše otázka pro psychologa.“

16. Jaký je váš názor na přesnost a věrohodnost virtuálních rekonstrukcí?

„Rozhodně tyto technologie produkují vysoce přesné a objektivní data.“

17. Jak můžete virtuální realitu integrovat do stávajících postupů a protokolů? A jaké by byly hlavní výzvy při této integraci?

„Myslím, že pro integraci lze použít zákon č.141/1961 Sb. § 55a Použití zvláštních prostředků při protokolaci.“

18. Jaké technické nebo organizační překážky očekáváte při zavádění VR technologie do kriminalistické praxe?

„Převážně bych řekl, že bude problém s materiálním a personálním zabezpečením.“

19. Jak můžete zajistit, aby virtuální rekonstrukce byly soudně použitelné a spolehlivé a aby nedošlo k jejich manipulaci?

„Zákon č.141/1961 Sb. § 55.“

20. Myslíte si, že implementace VR technologie může mít vliv na časovou náročnost dokumentace místa činu? Pokud ano, jak by se tento vliv projevil?

„Nejsem si jist. Pokud bude VR jako nadstavba dokumentace, potom tuto dobu OMČ pravděpodobně prodlouží.“

21. Jaké legislativní úpravy by podle vás byly potřeba k tomu, aby bylo možné VR technologie plnohodnotně využívat při soudních řízeních?

„Myslím že se lze odvolat na zákon č.141/1961 Sb. § 55a Použití zvláštních prostředků při protokolaci“

22. Jak přesně by se měla VR technologie používat u soudních řízení?

„Dovedu si představit názornou ukázkou u soudu, jaká byla situace přímo na místě činu v době ohledání.“

23. Jak by měla být zajištěna ochrana osobních údajů a soukromí při používání VR v soudních procesech?

„Použití by mělo odpovídat podle ÚOOÚ „Ústavním základem jsou články 7, 10 odst. 3 a 13 Listiny základních práv a svobod a článek 8 Charty základních práv EU. Základním právním předpisem regulujícím zpracování osobních údajů je nařízení Evropského parlamentu a Rady 2016/679 (GDPR), vydané na základě článku 16 Smlouvy o fungování Evropské unie. Do českého právního řádu bylo adaptováno zákonem č. 110/2019 Sb., o zpracování osobních údajů (ZZOÚ). Tento zákon rozdělil v § 4 zpracování osobních údajů na 3 oblasti: všeobecnou, která se řídí obecným nařízením o ochraně osobních údajů, veřejného pořádku, která se řídí § 24 a násl. ZZOÚ, a národní bezpečnosti, která se řídí § 43 a násl. ZZOÚ a jejímž základem je úmluva Rady Evropy č. 108. Tato hmotněprávní regulace je doprovázena obecnými procesními předpisy, jimž jsou zákon č. 500/2004 Sb., správní řád, zákon č. 150/2002 Sb., soudní řád správní, zákon č. 255/2012 Sb., kontrolní řád a zákon č. 99/1963 Sb., občanský soudní řád.“

24. Jaké právní předpisy upravují postup při dokumentaci místa trestného činu? Jak je aplikujete ve své praxi?

„OMČ je upraveno v zákoně 141/1961 Sb. § 113-118, samozřejmě s dalšími a souvisejícími paragrafy tohoto zákona. Policie postupuje podle tohoto zákona.“

25. Jakou roli hraje Závazný pokyn policejního prezidenta při vedení kriminalistické dokumentace?

„Je to interní předpis, který detailněji rozpracovává činnosti PČR v rámci ohledání.“

26. Jak minimalizovat riziko „digitální kontaminace“, kdy by mohlo dojít k neúmyslnému nebo úmyslnému posunu důkazů ve virtuálním prostředí?

„Vždycky se pracuje s kopií dat, nikdy ne s originály.“

27. Myslíte si, že by byla potřeba speciální školení pro obsluhu těchto technologií? Pokud ano, jaká školení by byla nejvhodnější?

„Školení bude určitě potřeba, a to nejen pro pořizovatele a zpracovatele těchto záznamů, ale i pro jejich uživatele.“

28. Které technologie považujete za klíčové pro současnou praxi kriminalistické dokumentace?

„Z mého pohledu v současnosti a za stávajícího vybavení fotografií (samozřejmě § 55–58 Protokol v Zákoně 141/1961 Sb.)“

29. Zkuste mi říct nějaké možné, čistě zatím teoretické VÝHODY a NEVÝHODY z vašeho pohledu, při implementaci toho VR softwaru, z dosavadní jeho prezentace, kterou jste mohl vidět. (Dříve jste zmínil jako možný problém materiální a finanční zabezpečení, zajímaly by mě další možné nevýhody, a především právě ty možné výhody)

„Mezi výhody určitě názorná vizualizace celého místa. Nevýhody, jak již jsem uváděl, dále pravděpodobně náročnost HW a kompatibilita.“

**PŘÍLOHA P II: DOKUMENTACE SOFTWARE PODPORY
PROCESU OHLEDÁNÍ MÍSTA TRESTNÉHO ČINU**

Manuál k programu VirtEvid



**Verze: 0.0.2 (21.4. 2025)
Autor: Stanislav Březina**

OBSAH

1	ZÁKLADNÍ INFORMACE O PROGRAMU UNREAL ENGINE....	3
1.1	SPUŠTĚNÍ PROGRAMU	6
1.2	PRVOTNÍ ORIENTACE V PROGRAMU	7
1.3	BLUEPRINT „EDITOR“	11
2	VLOŽENÍ MODELŮ DO SCÉNY	13
2.1	VLOŽENÍ MODELU PROSTŘEDÍ	13
2.2	VLOŽENÍ NPC POSTAVY DO SCÉNY	16
3	POPIS FUNKCÍ NPC	17
3.1	ZMĚNA TEXTURY POSTAVY	18
3.2	ZORNÉ POLE (FIELD OF VIEW)	20
3.3	ZOBRAZENÍ VIDITELNÝCH OBJEKTŮ.....	22
3.4	IMPLEMENTACE ZBRANĚ.....	23
4	VYTVOŘENÍ SCÉNY (SEQUENCER).....	26
4.1	PŘIPOJENÍ POSTAVY K SPLINE	26
4.2	ANIMACE A UDÁLOSTI	28
4.3	SCÉNA VE VIRTUÁLNÍ REALITĚ	33
4.4	MULTIPLAYER SIMULACE	36
5	DODATEČNÉ VLOŽENÍ OBJEKTU	37
5.1	3D MODELOVACÍ PROGRAM (VLASTNÍ TVORBA)	37
5.2	ONLINE KNIHOVNY	37
6	ZÁZNAM VIDEA A ANALÝZA VÝKONU	39

Podrobný manuál je přiložen jako samostatný soubor pod názvem „Manual_k_programu_VirtEvid“.