

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Katedra polygrafie a fotofyziky

Možnosti využití rozšířené reality v polygrafickém průmyslu
Bakalářská práce

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Hana Kopuleťá**
Osobní číslo: **C21553**
Studijní program: **B0531A130014 Polygrafie**
Téma práce: **Možnosti využití rozšířené reality v polygrafickém průmyslu**
Téma práce anglicky: **Possible applications of augmented reality in the graphic arts industry**
Zadávací katedra: **Katedra polygrafie a fotofyziky**

Zásady pro vypracování

- Na základě studia dostupných zdrojů zpracujte přehled existujících řešení pro rozšířenou realitu s ohledem na jejich funkce, dostupnost a obecné příklady využití.
- Analyzujte možnosti jejich využití v polygrafickém průmyslu a stávající stav v komerční oblasti i v rámci výzkumu a vývoje.
- Navrhněte a případně realizujte aplikaci rozšířené reality pro vybraný účel. Diskutujte možný přínos oproti jiným způsobům řešení se zohledněním jejich výhod, nevýhod a náročnosti.

Rozsah pracovní zprávy:
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Markéta Držková, Ph.D.**
Katedra polygrafie a fotofyziky

Datum zadání bakalářské práce: **15. února 2024**
Termín odevzdání bakalářské práce: **1. července 2024**

prof. Ing. Petr Němec, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

doc. Ing. Tomáš Syrový, Ph.D. v.r.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. února 2024

Prohlašuji:

Práci s názvem Možnosti využití rozšířené reality v polygrafickém průmyslu jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 30. 06. 2025

Hana Kopuleťá, v.r.

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala Ing. Markétě Držkové, Ph.D., za cenné rady a pomoc při vypracování bakalářské práce. Také bych chtěla poděkovat Dominiku Hricikovi za pomoc se Sinapse Print Simulators a organizátorům soutěže 3rd Sinapse Worldwide Packaging Productivity contest 2025 za poskytnutí simulátoru studentům Katedry polygrafie a fotofyziky v rámci této soutěže.

ANOTACE

V první části je popsána rozšířená realita a její využití v různých odvětvích. Částečně je práce v rámci teorie zaměřena i na historii, současnost a budoucnost rozšířené reality. Dále zde práce shrnuje funkce rozšířené reality a zařízení, na kterých je možné rozšířenou realitu využívat. Ve druhé části se práce zabývá využitím rozšířené reality v polygrafickém průmyslu, s rozdělením pro marketing, obalový průmysl a školicí prostředky. V rámci praktické části se tato práce zabývá využitím rozšířené reality v obalovém průmyslu při vyvíjení nového obalu. Je popsán prototyp aplikace, která by zákazníkovi za pomoci rozšířené reality mohla ukázat, jak se obal skládá.

KLÍČOVÁ SLOVA

Rozšířená realita, aplikace rozšířené reality, polygrafie, obalový průmysl, marketing, školicí prostředky v polygrafii

TITLE

Possible applications of augmented reality in the graphic arts industry

ANNOTATION

The first part describes augmented reality and its use in various industries. Part of the theoretical focus is on the history, present and future of augmented reality. Furthermore, the thesis summarizes the functions of augmented reality and the devices on which augmented reality can be used. In the second part, the thesis examines the use of augmented reality in the printing industry, with a breakdown for marketing, packaging and training resources. In the practical part, this thesis deals with the use of augmented reality in the packaging industry in the development of new packaging. This section describes a prototype application that could show a customer how to assemble a box using augmented reality.

KEYWORDS

Augmented reality, augmented reality applications, printing, packaging industry, marketing, training resources in printing

OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ.....	8
SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK	9
ÚVOD.....	10
1 TEORETICKÁ ČÁST	11
1.1 Rozšířená realita	12
1.1.1 Historie, současnost a budoucnost rozšířené reality	13
1.1.2 Funkce rozšířené reality	14
1.1.3 Navigační systémy rozšířené reality	15
1.1.4 Rozhraní rozšířené reality	16
1.1.5 Zařízení pro rozšířenou realitu.....	17
1.1.6 Aplikace rozšířené reality	18
1.2 Využití AR v polygrafickém průmyslu	19
1.2.1 Marketing.....	21
1.2.2 Obalový průmysl	23
1.2.3 Školicí prostředky pro polygrafii.....	26
2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	31
2.1.1 Vývoj aplikace rozšířené reality	31
2.1.2 Výsledek	37
2.1.3 Diskuse přínosnosti.....	38
ZÁVĚR.....	39
POUŽITÁ LITERATURA	50
SEZNAM PŘÍLOH	61

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1 – Kontinuum reality a virtuality, vytvořené P. Milgramem a F. Kishinem	11
Obrázek 2 – Uspořádání konceptů realit od vlastní reality k virtualitě	11
Obrázek 3 – První náhlavní displej sestrojený Ivanem Sutherlandem	13
Obrázek 4 – první využití QR kódu na tiskovině v časopisu Esquire	22
Obrázek 5 – Simulace Flexotiskové stroje s centrálním tlakovým válcem	27
Obrázek 6 – Kontrolní výtisk a referenční vzorek.....	27
Obrázek 7 – Ovládací panel v Sinapse Print Simulator pro nastavení tiskových jednotek	28
Obrázek 8 – Kontrolní výtisk simulátoru Stripe VR	29
Obrázek 9 – Simulace flexotiskového stroje s vyznačeným aniloxovým válcem.....	29
Obrázek 10 – 2D výkres konstrukce krabičky z programu Esko ArtiosCad	32
Obrázek 11 – Funkce pro převod výkresu do 3D modelu	33
Obrázek 12 – 3D modul ArtiosCad s částečně složenou krabičkou	33
Obrázek 13 – Naimportovaný soubor ve scéně 01 v aplikaci Apple Reality Composer.....	34
Obrázek 14 – Nastavení v programu Reality Composer	34
Obrázek 15 – Nastavení chování objektu v aplikaci Reality Composer.....	35
Obrázek 16 – VSložka zobrazující se při spuštění aplikace Reality Composer	36
Obrázek 17 – Horní lišta aplikace Reality Composer s přechodem do AR módu.....	36
Obrázek 18 – Navádění aplikace Reality Composer k umístění krabičky do reálného světa ..	37

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

2D – Dvourozměrný

3D – Trojrozměrný

AR – Rozšířená realita, z angl. Augmented reality

GPS – Globální systém určování polohy, z angl. Global Positioning System

HMD – Náhlavní soustavy, z angl. Head-mounted display

IMU – Inerciální měřicí jednotky, z angl. Inertial Measurement Units

LiDAR – Detekce světla a měření vzdálenosti, z angl. Light Detection and Ranging

MR – Smíšená realita, z angl. Mixed reality

NUI – Přírozené uživatelské rozhraní, z angl. Natural User Interface

SLAM – Souběžná lokalizace a mapování, z angl. Simultaneous Localization and Mapping

VR – Virtuální realita, z angl. Virtual Reality

ÚVOD

Rozšířená realita, zkráceně AR z angl. augmented reality, se v posledních několika letech stala velmi populární a často užívanou technologií, která do skutečného světa dodává virtuální objekty, zvuky a obrazy. Právě z důvodu aktuálnosti tohoto tématu jsem si jej zvolila pro svou bakalářskou práci.

I přes to, že historie AR sahá až do 50. let 20. století, teprve v posledních letech se dostává do popředí díky neustálému vývoji nových technologií. Díky tomuto vývoji je v dnešní době schopen využívat rozšířenou realitu téměř každý.

Cílem práce je seznámení s rozšířenou realitou a analýza jejího využití pro polygrafický průmysl. V práci je uvedeno základní rozdělení různých typů realit, historický vývoj rozšířené reality a její základní principy. V práci jsou také uvedeny technologie a zařízení, na kterých je možné AR využívat. Obecný a základní přehled rozšířené reality je zakončen přehledem využití v jiných odvětvích.

Další část je zaměřena na využití rozšířené reality v polygrafickém průmyslu v současnosti. Je zde popsáno, kde se v rámci polygrafie je možné s rozšířenou realitou setkat. Práce rozebírá její využití na tiskovinách pro marketingové účely, ale také se zabývá školicími prostředky a využití AR při výrobě jako takové, ale i při přípravě grafických dat.

V experimentální části je poté popsán prototyp aplikace rozšířené reality pro obalový průmysl. Cílem tohoto prototypu je zamezit plýtvání odpadem a usnadnění obchodníkovi v rámci komunikace tiskárny se zákazníkem. Jedná se o aplikaci vizualizující posloupnost skládání na krabice s nově vytvořenou konstrukcí.

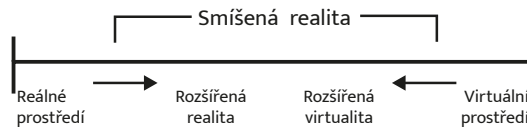
Při této práci byl v rámci hledání některých zdrojů využit nástroj ChatGPT [100]; všechny zdroje dohledané pomocí této platformy jsou označené v seznamu použité literatury.

1 TEORETICKÁ ČÁST

Realitou bude pro účely této práce označován hmotný svět kolem nás, ačkoliv autoři článku [1] uvádějí, že z filozofického hlediska není tento pojem zcela jednoznačný. Dále je v tomto článku uvedeno, že tato realita je doplněna o mnoho dalších nehmotných realit. Tyto pojmy ujasňuje a přibližuje tato kapitola.

Rozdíl mezi jednotlivými nehmotnými realitami je v tom, jakým způsobem reagují se skutečným, hmotným světem a jaký zážitek uživateli poskytují [1].

První kontinuum reality a virtuality bylo definováno v roce 1994 Paulem Milgramem a Fumiem Kishinem [2] jako kontinuum, které sahá od reálného prostředí k prostředí virtuálnímu, a kde se rozšířená realita (dále AR, z angl. Augmented Reality) a rozšířená virtualita (dále AV, z angl. Augmented virtuality) nacházejí někde uprostřed, přičemž AR je blíže reálnému prostředí a AV je blíže virtuálnímu prostředí [3].



Obrázek 1 – Kontinuum reality a virtuality, vytvořené P. Milgramem a F. Kishinem, adaptováno z [3]

Smíšená realita nebo také *hybridní realita* (dále MR z angl. Mixed Reality) je realitou, kterou většina zdrojů označuje jako skupinu nadřazenou. Například autoři [4] ji označují nadřazenou realitám vyznačeným ve schématu v obr. 2.



Obrázek 2 – Uspořádání konceptů realit od vlastní reality k virtualitě, adaptováno z [4]

Na další straně jsou popsány reality, které jsou vyobrazeny v obrázku 1.

Virtuální realita (dále VR z angl. Virtual reality) je kompletní trojrozměrná virtuální prezentace skutečného i vytvořeného světa i objektů v něm [1]. K oblasti virtuální reality lze přistupovat velmi různými způsoby, kdy na vizionářském konci spektra, např. ve sci-fi filmech a populární kultuře, je dokonalá VR prezentována jako komplexní simulace, kterou již nelze odlišit od lidské reality, ale na praktickém konci spektra se VR již dlouho etabluje jako nástroj pro vývoj produktů v mnoha průmyslových odvětvích [5].

Rozšířená virtualita zařazuje do virtuálního světa skutečné objekty [1]. Lze ji definovat jako hybridní realitu, která v podstatě začleňuje prvky reálného světa do virtuálního světa, a tak na rozdíl od rozšířené reality, kde digitální obsah překrývá fyzické prostředí, nebo virtuální reality, která uživatele vtáhne do zcela digitálního prostředí, je cílem rozšířené virtuality vnést digitální prvky do virtuálního prostředí [6].

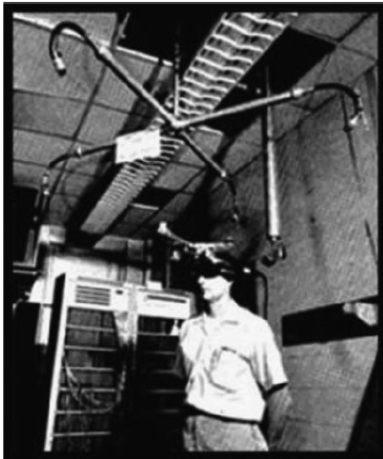
Rozšířená realita je popisována jako propojení skutečné reality neboli hmotného světa s digitálními informacemi o něm [1]. Uživatelé vidí reálný svět kolem sebe a do tohoto prostředí jsou integrovány digitální objekty, které mohou být zobrazeny na displeji chytrého telefonu, tabletu, brýlí nebo jiného zařízení [3].

1.1 Rozšířená realita

Rozšířená realita je technologický koncept, který spojuje fyzický svět s digitálními prvky, čímž vytváří interaktivní a bohatší uživatelský zážitek [3]. Dále autoři uvádějí, že umožňuje uživatelům interakci s digitálními objekty a informacemi ve skutečném prostředí; to zahrnuje přidávání vrstev digitálního obsahu (např. 3D modely, informační panely, animace) do reálného světa. Také uvádějí, že AR technologie se neustále vyvíjejí a zahrnují různá zařízení, jako jsou chytré telefony, tablety, AR brýle a náhlavní soustavy, tyto technologie využívají různé senzory (např. fotoaparáty, akcelerometry, gyroskopy) k rozpoznání a interpretaci okolního prostředí a umožňují zobrazení digitálních prvků na reálném pozadí. Dále zdroj uvádí, že rozšířená realita má širokou škálu aplikací v různých oblastech, včetně zábavy (např. AR hry, filtry pro sociální média), obchodu a marketingu (např. zkušenost s virtuálním zkoušením oblečení, interaktivní reklamní kampaně), průmyslového designu (např. vizualizace produktů), lékařství (např. chirurgická navigace) a vzdělávání (např. interaktivní učební materiály). Všechny aspekty AR jsou podrobněji popsány v následujících podkapitolách.

1.1.1 Historie, současnost a budoucnost rozšířené reality

Ve zdroji [3] je uvedeno, že poprvé se pojem AR objevil v 50. letech minulého století, kdy kameraman Morton Heilig přišel s myšlenkou, že kino by mělo vtáhnout diváka zapojením všech jeho smyslů a v roce 1962 poté sestrojil funkční prototyp této vize. Jako dalšího který významně přispěl k historii AR, uvádějí Ivana Sutherlanda, který v roce 1966 vynalezl první náhlavní displej a v roce 1968 poté jako první, za pomoci náhlavního displeje vytvořeného v roce 1966, rozvinul systém rozšířené reality.



Obrázek 3 – První náhlavní displej sestrojený Ivanem Sutherlandem, adaptováno z [3]

Makarov v přehledu trendů v AR pro rok 2024 [7] uvádí: „V prvních letech nástupu rozšířené reality si tato technologie rychle získala pověst efektivního prostředku zábavy díky hrám Pokemon Go, filtrům Snapchat a videohrám. V roce 2024 se však rozšířená realita po těchto výrazných začátcích dále vyvíjí a formuje se jako účinný obchodní nástroj.“

Autoři článku [8] očekávají, že v roce 2025 dojde k vylepšení hardwaru i nositelných zařízení, k bezproblémové integraci s 5G sítí a jejími alternativy, nárůst využití v různých profesních odvětvích i edukaci a tréninku. Rovněž očekávají, že společnosti jako Apple, Google i Microsoft uvedou na trh novou generaci AR brýlí, které nabídnou nová vylepšení [8]. Podle článku [9] by v roce 2025 skutečně měly na trh měli uvést nové AR brýle tyto firmy: Meta (Meta Orion), Apple (Apple Glasses), Microsoft (HoloLens 3) a další.

Dle [10] má AR před sebou slibnou a mnohostrannou budoucnost, protože pro trh s touto technologií se očekává růst, především v regionech jako Severní Amerika, která je známá svými pokročilými technologiemi a inovacemi. Tento růst podle autorů podporuje rozšiřující se aplikace AR v různých odvětvích, jako jsou maloobchod, automobilový průmysl a zdravotnictví.

Prognózy [11] naznačují silný růst trhu s rozšířenou realitou, s očekávanou složenou roční mírou růstu (CAGR) ve výši 50,7 % v letech 2023 až 2030. Dále se předpokládá, že trh AR/VR dosáhne hodnoty 50,9 miliardy USD do roku 2026, s pětiletou složenou mírou růstu 32,3 %.

Tento vývoj v různých odvětvích poukazuje na expanzivní budoucnost rozšířené reality, která má potenciál výrazně změnit způsob komunikace s technologiemi a práce v různých profesních oblastech [12].

1.1.2 Funkce rozšířené reality

Rozšířená realita zahrnuje několik klíčových prvků, které umožňují integrovat digitální obsah do reálného světa uživatele.

Zdroj [13] uvádí a popisuje klíčové funkce uvedené níže.

Rozpoznání okolí je schopnost AR systému identifikovat a porozumět fyzickým objektům a prostředí okolo uživatele, čehož může být dosaženo za pomoci různých senzorů, jako jsou kamery, algoritmy počítačového vidění pro detekci a rozpoznávání objektů a dalších [13].

Integrace digitálních prvků do skutečného prostředí je klíčovým aspektem funkčnosti rozšířené reality. Mezi integrační prvky patří vizuální registraci, vizuální sledování a vykreslování v reálném čase [13].

Interaktivita je dalším z klíčových prvků funkčnosti AR, který umožňuje uživatelům aktivně se zapojovat do AR zážitku a interagovat s digitálními prvky v reálném světě. S rozšířenou realitou je interagováno např. gestikulací, pohybem, dotykem nebo hlasem, ale také je možné propojit se s více uživateli a společně interagovat s digitálními prvky ve společném prostoru [13].

Zobrazování informací v AR je zásadní pro poskytování užitečných a relevantních dat uživatelům v reálném čase. Rozšířená realita umožňuje zobrazovat kontextově relevantní informace přímo v reálném světě, což uživatelům poskytuje potřebné údaje k vykonávání

konkrétních úkolů. Rozšířená realita je také schopna obsah personalizovat, vizualizovat data a poskytovat interaktivní informace i instrukce přímo na fyzických objektech [13].

Sledování pozice je schopnost systému určovat polohu a orientaci uživatele a objektů v reálném čase. To je často dosaženo pomocí GPS, magnetometry, s využitím přidaných značek (angl. Markers, sledování za pomoci značek blíže popsáno níže) a dalších [13].

Sledování na základě značek (angl. Marker-based tracking) je typ sledování využívající vizuální značky (např. QR kódy nebo specifické obrázky) umístěné v reálném prostředí k určení pozice a orientace AR zařízení [14].

Bez značkový sledovací systém (angl. Markerless tracking) umožňují zařízení mapovat neznámé prostředí a zároveň sledovat svou polohu v něm bez potřeby značek, tato technologie je základem pro pokročilé AR systémy [14].

SLAM – Simultánní lokalizace a mapování (angl. Simultaneous Localization and Mapping) neboli jednoduše SLAM technologie jsou dle zdroje [15] již řadu let objektem technického výzkumu. V překladu se jedná o simultánní lokalizaci a mapování, jedná se o metodu, která je využívána například u autonomních vozidel [15]. Jedná se o výpočetní proces spočívající v konstrukci nebo aktualizaci mapy neznámého prostředí a současném sledování polohy [15].

1.1.3 Navigační systémy rozšířené reality

Zdroj [16] uvádí, že pro venkovní a vnitřní využití AR se využívají odlišné systémy. Pro tuto práci jsem se rozhodla níže popsat pouze vnitřní navigační systémy.

Autoři zdrojového článku [17] popisují a rozdělují vnitřní navigační systémy takto:

Založené na Wi-Fi, využívají stávající infrastrukturu Wi-Fi k tomu, aby uživatelům poskytovaly informace o poloze a navigaci, tyto systémy využívají měření síly signálu z přístupových bodů Wi-Fi k odhadu polohy uživatele, jejich přesnost však může být ovlivněna rušením signálu, vícecestným šířením a omezeným pokrytím [17].

Založené na Bluetooth využívají nízko výkonné vysílače Bluetooth umístěné ve vnitřním prostředí, které umožňují navigaci, tyto vysílače vysílají signály, které mohou být přijímány zařízeními uživatelů, což umožňuje určování polohy na základě přiblížení [17]. Systémy vysílačů Bluetooth však vyžadují instalaci a údržbu sítě, což může být nákladné a časově náročné [17].

Inerciální navigační systémy se spoléhají na senzory, jako jsou akcelerometry a gyroskopy, které sledují pohyb uživatele a odhadují jeho polohu, tímto měřením změn rychlosti a směru mohou tyto systémy poskytovat informace o poloze v reálném čase [17]. Inerciální navigační systémy však trpí kumulací chyb v čase, což vede ke snížení přesnosti [17].

Ultrazvukově založené systémy využívají ultrazvukové signály a přijímače k odhadu polohy uživatele, tyto systémy vysílají ultrazvukové vlny a měří dobu, za kterou vlny dosáhnou přijímače, což umožňuje výpočet vzdálenosti [17]. Ultrazvukové systémy však vyžadují hustou síť vysílačů a přijímačů, jejichž instalace a údržba může být nákladná [17].

1.1.4 Rozhraní rozšířené reality

S ohledem na interakci uživatele v aplikacích AR zdroj [18] zmiňuje pět hlavních způsobů: prohlížení informací, 3D uživatelská rozhraní, hmatatelná rozhraní AR, přirozená uživatelská rozhraní a multimodální rozhraní.

Hmatatelná rozhraní AR využívají fyzické objekty k reprezentaci virtuálních entit a informací a k propojení fyzického a digitálního světa [19].

Cílem *Přirozeného uživatelského rozhraní* (využívaná zkratka NUI z angl. Natural User Interfaces) je odstranit co nejvíce umělých ovládacích prvků, aby se interakce s digitálními nebo elektronickými zařízeními podobala přirozené interakci v reálném světě. Umožňují lidem komunikovat s počítači prostřednictvím intuitivních úkonů, jako je dotyk, gesto a rukopis, stejným způsobem, jakým by komunikovali s předmětem ve fyzickém prostoru, NUI se snaží poskytnout zkušenost, která uživatelům umožní interakci s počítačem, aniž by se museli učit umělé ovládání, jako je psaní na klávesnici nebo programování [19].

Multimodální rozhraní AR představují jednu z nejrozšířenějších a nejaktivněji zkoumaných aplikací. Předchozí výzkumy ukázaly, že multimodální rozhraní (MMI), která kombinují vstup řeči a gesty, mohou být intuitivním způsobem interakce s 2D rozhraními a 3D grafikou na pracovní ploše. Je to proto, že vstupní modalita se vzájemně doplňují, přičemž řeč je vhodná pro kvantitativní vstup, zatímco gesta jsou ideální pro kvalitativní vstup [18].

1.1.5 Zařízení pro rozšířenou realitu

Hlavními zařízeními jsou displeje, vstupní zařízení (např. bezdrátové náramky, rukavice, ...), sledovací zařízení (GPS, bezdrátové senzory, ...) a počítače [3].

Zobrazovací zařízení

Podle autora článku [3] existují tři hlavní typy zobrazovacích zařízení využívaných v rozšířené realitě popsaných níže.

Chytré brýle, angl. smart glasses, jsou lehčí a často méně výkonné než HMDs; tyto brýle nabízejí jednodušší AR zážitky zaměřené na zobrazení informací a jednoduché interakce [13]. Příkladem jsou např. Google Glass.

Chytré telefony, angl. smartphones, jsou dnes typické telefony a tablety s AR funkcemi, které využívají vestavěné kamery a obrazovky k zobrazování digitálního obsahu přes reálný svět [18].

Náhlavní soustavy (HMDs z angl. Head Mounted Displays) jsou zařízení, které zdroj [13] popisuje jako helmu, která má zabudované průhledné nebo průsvitné obrazovky, které překrývají digitální obsah a reálný svět. Příkladem jsou např. Microsoft HoloLens. Zdroj [20] uvádí, že HMDs jsou zobrazovací zařízení aplikující se buď na jedno nebo rovnou obě oči, a tímto způsobem se digitální obsah překrývá se zorným polem uživatele, obvykle je integrována i kamera, díky níž si uživatel může své zorné pole natáčet a sdílet prostřednictvím digitálních kanálů. Díky těmto vbudovaným kamerám se řadí i do vstupních zařízení popsaných níže.

Vstupní zařízení

V rozšířené realitě hrají vstupní zařízení klíčovou roli při interakci uživatelů s rozšířeným prostředím, tato vstupní zařízení zachycují pohyby, gesta, hlas nebo jiné fyzické úkony uživatelů, a umožňují tak vtažení do reality a interakci [21].

Kamery jsou zásadní pro snímání okolního prostředí a rozpoznávání objektů [3]. Některá zařízení, např. Microsoft HoloLens [22] a Magic Leap [23], využívají integrované kamery k mapování okolí a sledování pohybu uživatele.

Senzory pomáhají měřit vzdálenosti a vytvářet 3D mapy prostředí [13]. Těchto senzorů využívá např. Microsoft Kinect [24].

Sledovací zařízení

Zdroj [25] popisuje vstupní sledovací zařízení pro AR jako umožnění člověku pohybovat se ve virtuálním a rozšířeném prostředí, a také interakci s lidmi a objekty v rozšířeném prostředí. Dle zdroje dále výběr sledovací technologie závisí na druhu prostředí, druhu dat a dostupnosti požadovaných rozpočtů.

Optické sledování využívá kamery a senzory, které jsou již popsány výše u typů vstupních zařízení.

Inerciální měřicí jednotky (IMU – z angl. Inertial Measurement Units) zahrnují akcelerometry, gyroskopy a magnetometry, které měří pohyb a orientaci [26].

Senzory LiDAR (Light Detection and Ranging) používají laserové pulzy k měření vzdáleností a vytváření vysoce přesných 3D map prostředí [27]. Apple například jako první do svých chytrých telefonů integroval lidar, jednalo se konkrétně o iPad Pro a iPhone 12 Pro, což zlepšuje přesnost AR aplikací a sledování prostředí [27].

Sledování rukou a gest, které využívají např. technologie Leap Motion nebo HoloLens, umožňují sledování pohybů rukou a gest uživatele pomocí speciálních kamer a algoritmů pro rozpoznání pohybu a to umožňuje přirozenou interakci s virtuálními objekty [28].

1.1.6 Aplikace rozšířené reality

Rozšířená realita má široké spektrum aplikací napříč různými odvětvími, které využívají její schopnosti překrývat virtuální informace a objekty na reálný svět [29]. V následujících kapitolách je uveden výběr z několika oblastí, na které se dle [29] nejvíce zaměřoval výzkum AR.

Jednou z předních společností specializujících se na rozšířenou realitu a umělou inteligenci (AI) je *Blippar*; nabízí širokou škálu služeb a produktů pro interaktivní digitální zážitky [30].

Reklama a obchod

Rozšířená realita dle zdroje [31] umožňuje značkám proniknout tak, jak to tradiční média nedokážou. Dále udávají, že koncem roku 2024 mělo dle statistik AR užívat 1,73 miliardy uživatelů, což není autory článku považováno za konečný počet.

Existují aplikace pro virtuální zkoušení produktů (např. Sephora Virtual Artist [32], L'Oréal AR Makeup [32]), interaktivní reklamy (Pepsi Max AR Bus Shelter [33], Burger King AR Experience [34]), aplikace pro e-komerce a maloobchod (např. IKEA Place [35], Amazon AR view [36]) a aplikace pro interaktivní produktové balení (např. 19 Crimes Wine [37], Coca-Cola AR Labels [38]) a aplikace pro virtuální showroomy a prohlídky (např. Lowe's Holeroom [39]).

Zábava a vzdělání

Aplikace AR pro zábavu jsou např. Pokemon GO [40], Minecraft Earth [41], Ingress [42] a další.

Aplikace AR pro vzdělání jsou např. Anatomy 4D [43], Quiver [44], Google Expeditions [45], AR Flashcards [46].

Lékařské aplikace

Rozšířená realita se stává stále důležitějším nástrojem ve zdravotnictví, protože nabízí nové způsoby pro výuku, diagnostiku, plánování a provádění chirurgických zákroků [47].

Využívá se např. pro chirurgickou asistenci a trénink (AccuVein [48], Proximie [49]), lékařské vzdělávání a trénink (Anatomy 4D [50]), rehabilitace a terapie (MediView XR [51], MindMotion [52]), diagnostiku a zobrazování (AR Anatomy [53]).

1.2 Využití AR v polygrafickém průmyslu

Rozšířená realita nabízí polygrafickému průmyslu řadu možností a využití, které mohou přinést inovace, zlepšit procesy a zvýšit atraktivitu tištěných produktů [54].

Tištěná média jsou dle zdroje [55] již dlouho důvěryhodným zdrojem informací a zábavy. Dále autoři uvádějí, že rostoucí poptávka po interaktivním a personalizovaném obsahu vytvořila scénář, v němž jsou tištěná média považována za zastaralá, tato kritika není neopodstatněná, protože nové formy médií jsou skutečně mnohem efektivnější jak z hlediska nákladů, tak i času [55]. Avšak použití technologie rozšířené reality (AR) v tištěných médiích v posledních letech toto rozlišování činí neplatným a zastaralým, protože umožňuje propojení tištěných materiálů

s digitálním obsahem a tak technologie rozšířené reality zasahuje do fyzického světa skrze interakci s tištěnými médii [54].

Vzestup digitálních médií nepochybně narušil odvětví tisku. Díky pohodlným chytrým telefonům, tabletům a počítačům mají nyní lidé snadný přístup k obrovskému množství informací na dosah ruky, tento posun vedl k poklesu čtenářů a příjmů z inzerce tištěných publikací [56]. Autoři však dále uvádějí, že je nutné si uvědomit, že digitální a tištěná média mohou koexistovat a různými způsoby se doplňovat. Dále tvrdí, že tištěná média se v digitálním věku potýkají s několika problémy, včetně nákladů na distribuci, klesajících příjmů z reklamy a měnících se preferencí čtenářů.

Rozšířená realita v polygrafii může přispívat např. v níže uvedených oblastech

Zlepšení výrobních procesů

Rozšířená realita může být použita k tréninku pracovníků tiskových strojů, kde poskytuje interaktivní návody a vizuální instrukce v reálném čase [57].

Aplikace rozšířené reality mohou poskytovat technikům vizuální návody a podporu při údržbě a opravách strojů [57], např. Sinapse print simulators.

Podrobněji popsáno v kap. 1.2.3

Udržitelnost a transparentnost

Podle autorů článku [58] dokáže AR zmírnit zmatek s tím, který z obalů je a není recyklovatelný, případně jak jej recyklovat.

Autoři [59] uvádějí, že dochází úbytku odpadu, díky virtuálnímu prototypování, čímž nedochází ke vzniku odpadu při prototypování fyzického vzorku.

Technologie a platformy pro AR

ARKit (Apple) a ARCore (Google) – tyto platformy umožňují vývojářům vytvářet pro zařízení s operačním systémem iOS, resp. Android AR aplikace, které mohou být použity k interakci s obaly [60][61].

Vuforia je platforma pro vývoj AR aplikací, která umožňuje vytvářet robustní a škálovatelné AR řešení pro různé průmyslové aplikace [62].

Wikitude byla platformou poskytující nástroje pro vývoj AR aplikací, které mohli být mj. využity k vytváření interaktivních obalů a marketingových kampaní [63].

1.2.1 Marketing

Využití rozšířené reality v marketingu v rámci polygrafického průmyslu přináší nové a inovativní způsoby, jak propojit tištěné materiály s digitálním světem; tím umožňuje firmám inovovat své marketingové strategie a poskytovat zákazníkům bohatší a interaktivní zážitky, které vedou k vyššímu zapojení a lepšímu porozumění produktům a značce [64].

Technologie AR podporuje dva klíčové aspekty zákaznické kreativity: inter-konceptuální síť a scénáře spotřeby [64]. Dále autoři uvádějí, že rozšířená realita přináší tendenci zákazníků zapojit do nákupu rozhodnutí a vnímat se přitom jako kreativní. Autoři článku [65] tvrdí, že kreativita zákazníků podporovaná rozšířenou realitou je pro zákazníky vnitřně uspokojivou činností. Dále uvádějí, že tato konceptualizace navrhuje nový manažerský přístup ke zlepšení nákupních cest zákazníků. Aplikace jako IKEA Place [35] umožňují zákazníkům vizualizovat a interaktivně pracovat s více produkty v reálném prostředí, což usnadňuje tvorbu mentálních obrazů a rozšiřuje jejich schopnost zpracovávat a pamatovat si vztahy mezi produkty [66]. Tímto způsobem AR technologie rozšiřuje možnosti zákazníků simulovat různé zkušenosti s produkty a službami, čímž rozšiřuje jejich repertoár spotřebních scénářů [64].

Technologie AR má potenciál výrazně změnit způsob, jakým jsou navrhovány a vnímány obaly produktů, tato inovace nejenže zlepšuje zkušenosti spotřebitelů, ale také poskytuje značkám nové nástroje pro marketing a zvyšování interakce zákazníků [66].

Interaktivní reklamy a tištěné materiály

Rozšířená realita přináší nový přístup k tradičním tištěným materiálům a reklamám, umožňující interaktivní a poutavé zážitky, které spojují fyzický a digitální svět [64].

Aplikace AR pro tištěné produkty, jako jsou plakáty, noviny, časopisy, obchodní katalogy, vizitky, knihy, letáky a obaly produktů rostou jak počtem, tak technologickou originalitou a inovací podnikání, příkladů je mnoho a nové se postupně přidávají, jak se technologie AR vyvíjí [54].

Interaktivní časopisy a noviny mohou obsahovat AR kódy nebo obrázky, které, když jsou zobrazeny pomocí AR aplikace, zobrazí dodatečný digitální obsah, jako jsou videa, 3D animace nebo rozšířené informace o produktu. Reportáže a příběhy mohou být doplněny o AR prvky, které přinášejí vizuální a interaktivní vrstvu, čímž zvyšují zážitek čtenáře [54]. Autoři článku dále uvádějí, že jedním z příkladů je aplikace AR v časopise *Esquire* v roce 2009, která umožnila čtenářům prozkoumávat digitální obsah a interaktivní prvky při skenování speciálních stránek časopisu pomocí chytrého telefonu, a tak tato inovace poskytla čtenářům nový způsob interakce s tištěným médiem, což otevřelo cestu pro další vývoj a využití AR v tisku.



Obrázek 4 – První využití QR kódu na tiskovině v časopisu *Esquire*, adaptováno z [68]

Produktové katalogy a brožury umožňují pomocí AR zobrazovat produkty ve 3D přímo na jejich stránkách, takové zobrazení například nábytku, automobilů nebo elektroniky umožňuje zákazníkům prohlédnout si produkt z různých úhlů a dokonce jej pomocí AR „umístit“ do svého vlastního prostoru [68]. Konkrétní příklady využití AR v katalogích a brožurách jsou uvedeny níže.

IKEA dříve využívala AR ve svém katalogu, aby zákazníci mohli pomocí aplikace *IKEA Place* vidět, jak by nábytek vypadal ve skutečném prostoru, uživatelé mohli skenovat stránky katalogu

a zobrazit 3D modely nábytku ve své domácnosti pomocí svého mobilního zařízení [70]. Nyní IKEA využívá aplikaci IKEA Kreativ na svém webu, která funguje na stejném principu jako IKEA Place, jen není potřeba tištěný katalog [35].

Dříve LEGO používalo AR v některých svých produktových brožurách a obalech, kdy si zákazníci mohli skenovat obal nebo stránku brožury a vidět 3D modely sestavených stavebnic v AR [70]. To umožňovalo dětem i dospělým vidět, jak bude stavebnice vypadat, když je kompletně postavená. Jednalo se konkrétně o aplikaci LEGO AR studio [71]. Tato aplikace je dnes na AppStore i google play nedostupná.

Reklamní plakáty a billboardy mohou být oživeny pomocí AR, což umožňuje uživatelům interakci s obsahem, jako jsou hry, animace nebo videa, když skenují plakát pomocí svého mobilního zařízení [72].

Balíčky a obaly produktů, zdroj [73] uvádí, že přidání interaktivních prvků do obalů, jako jsou animace a ukázky produktů, může umocnit zkušenosti zákazníků a posílit jejich loajalitu ke značkám. Dále podle autorů takové iniciativy motivují zákazníky k interakci s četnými detaily produktu a příběhy značky a to vede k lepšímu udržení zákazníků spolu s hlubším propojením se spotřebiteli. Konkrétní aplikace jsou popsány v kap. 1.2.2

Společnost Printing Industries of America v roce 2020 zahájila kurz rozšířené reality a interaktivního tisku, který měl za účel seznámit tiskaře s principy AR a prozkoumat integraci multimediálního obsahu s tiskovými projekty [74].

Tyto kurzy stále provozuje společnost Printing United Alliance, jejíž součástí je v dnešní době i výše zmíněná Printing Industries of America [75].

1.2.2 Obalový průmysl

Autoři zdrojového článku [73] uvádějí, že obaly s rozšířenou realitou nabízejí značkám interaktivní a dynamickou platformu pro přímý kontakt se spotřebiteli v místě nákupu. Dále uvádějí, že obaly AR jsou potištěny spouštěcím prvkem, obvykle QR kódem, který po naskenování zprostředkuje spotřebitelům digitální zážitek, například společnost Coca-Cola v roce 2023 kombinací technologie AR představila časově omezený nápoj Coca-Cola 3000 Zero Sugar, na podporu digitálního zážitku obsahovaly plechovky QR kódy, které po naskenování přenesly zákazníky na speciální webovou stránku, na níž si mohli prohlédnout, jak bude podle prognóz AI vypadat život v roce 3000. Autoři tvrdí, že kampaň byla navržena tak, aby posílila vedoucí postavení společnosti v oblasti experimentálního marketingu.

AR zásadně mění způsob, jakým jsou produkty baleny a nabízí možnost proměnit obaly produktů na interaktivní plochu, která zákazníky zapojuje a přináší jim příběhy a tak díky AR může být každá krabice, každá etiketa a každé balení portálem do světa vizuálních efektů a virtuálních aktivit, čímž nejen přitahuje pozornost, ale také zvyšuje uživatelský zážitek poskytováním dalších informací a zábavy přímo prostřednictvím obalu [76].

Design a prototypování obalů

Zdroj [77] uvádí, že při navrhování interaktivního balení produktů je důležité vzít v úvahu, že zákazníci mohou považovat nový typ balení za obtížně použitelný, proto je nutné vyvinout balení produktů tak, aby odpovídalo zvyklostem zákazníků a zajišťovalo snadné použití.

Autoři článku [78] uvádějí, že technologie rozšířené reality používaná v designu obalů produktů může změnit stávající tradiční podobu designu obalů. Dále uvádějí, že použití technologie rozšířené reality v oblasti zvukové technologie, trojrozměrných obrazů, technologie snímání a interakce s uživatelem může virtualizovat mnoho z reálného světa, je obtížné vyjádřit fyzické objekty a prostředí, které budou překryty virtuálními informacemi generovanými počítačem do reálné scény, vzájemně se vylepšovat nebo doplňovat. Interaktivní design obalů v rámci technologie rozšířené reality překrývá a integruje virtuální a skutečné scény, aby spotřebitelé měli pocit, že jsou na místě. Využívá interaktivní zážitek, aby obratně zprostředkoval koncept kulturních produktů a umožnil spotřebitelům se na něm podílet.

Zdroj [79] uvádí, že virtuální prototypování umožňuje vytvářet podrobné trojrozměrné modely obalových konceptů, které lze testovat v simulovaném prostředí. Dle autorů mohou konstruktéři s těmito virtuálními modely interagovat, zkoumat je z různých úhlů, testovat jejich strukturální integritu a posuzovat jejich výkonnost za různých podmínek. Tato interaktivní simulace poskytuje poznatky, které by tradiční metody mohly přehlédnout, což vede k informovanějším konstruktérským rozhodnutím. Dále také uvádějí, že rychlá iterace, kterou umožňuje virtuální prototypování, zefektivňuje proces návrhu. Návrháři mohou provádět rychlé úpravy na základě zpětné vazby a výsledků simulace, což je výhodné zejména v odvětvích, kde je balení kriticky důležité. Tento přístup nejen urychluje proces návrhu, ale také snižuje náklady spojené s fyzickými prototypy a minimalizuje plýtvání materiálem tím, že řeší chyby návrhu před zahájením výroby. Celkově lze říci, že integrace virtuálního prototypování a simulace do procesů navrhování obalů umožňuje efektivnější, nákladově efektivnější a ekologičtější řešení. Technologie AR a VR zlepšují optimalizaci návrhů obalů, což vede k lepším výsledkům a udržitelnější budoucnosti obalů.

Dále také autoři [79] rozebírají jak AR ovlivnilo efektivitu a spotřebu odpadu. Uvádějí, že použití technologií AR a VR výrazně zvýšilo efektivitu designu a snížilo plýtvání materiálem při balení výrobků. Klíčem k těmto pokrokům je virtuální prototypování a simulace, uvedené v přechozím odstavci. Tyto technologie podle autorů umožňují návrhářům rychle vytvářet, testovat a iterovat koncepty obalů ve virtuálním prostředí, čímž se snižuje potřeba časově a zdrojově náročných fyzických prototypů. Díky simulaci strukturální integrity, funkčnosti a estetiky návrhů obalů mohou návrháři řešit potenciální problémy ještě předtím, než přejdou do výroby. Tento iterativní přístup nejen podporuje inovace a kreativitu, ale také výrazně snižuje plýtvání materiálem. Designéři mohou své nápady zdokonalovat a řešit problémy s designem virtuálně, čímž se vyhnou výrobě fyzických prototypů, které mohou být vyřazeny. Toto snížení množství odpadu má dopad zejména v odvětvích, jako je spotřební zboží, potraviny a nápoje a elektronický obchod, kde obaly hrají klíčovou roli. Efektivní procesy navrhování, které AR a VR umožňují, navíc přispívají k nepřímým přínosům pro udržitelnost, jako je optimalizace využití materiálů, snížení objemu obalů a zvýšení recyklovatelnosti nebo kompostovatelnosti. S rostoucím důrazem na udržitelnost budou technologie AR a VR stále cennější při zavádění efektivních a ekologicky ohleduplných obalových řešení.

Marketing a interakce se zákazníky

Rozšířená realita může přidat interaktivní prvky do obalů, které ožívují, když jsou naskenovány chytrým telefonem nebo tabletem. To může zahrnovat animace, videa, hry nebo další obsah, který zvyšuje zapojení zákazníků [79].

Větší pozornost je třeba věnovat komunikaci s cílem stimulovat ochotu zákazníků nakupovat produkty v baleních s integrovanou rozšířenou realitou a povzbudit je k vyzkoušení obsahu rozšířené reality [77].

Kosmetické společnosti, jako je L'Oréal, používají AR na obalech svých produktů, aby zákazníkům ukázaly, jak správně aplikovat kosmetické přípravky. Když zákazník namíří svůj smartphone na obal, zobrazí se mu instruktážní video [80].

Společnost Pepsi použila AR na svých obalech během fotbalového mistrovství světa. Zákazníci mohli skenovat plechovky Pepsi a spustit tak interaktivní fotbalové hry přímo na svém smartphonu [81].

Coca-Cola vytvořila AR kampaň, kde zákazníci mohli skenovat obaly nápoje a zobrazit si personalizované zprávy nebo se účastnit interaktivních soutěží a vyhrát ceny [83].

1.2.3 Školící prostředky pro polygrafii

Technologie rozšířené reality umožňuje vytvořit interaktivní a pohlcující tréninkové prostředí, které může významně zlepšit pochopení a praktické dovednosti studentů a odborníků [57]. Školící AR simulátory v polygrafii představují inovativní přístup k výuce a tréninku v oblasti tisku a grafické výroby.

Trénink obsluhy tiskových strojů

Zdroj [57] uvádí, že simulátory rozšířené reality obecně v průmyslu umožňují studentům a operátorům naučit se ovládat komplexní stroje bez rizika poškození zařízení nebo materiálů. Uživatelé tak mohou vidět a interagovat s virtuálními verzemi strojů, naučit se správné postupy a řešení problémů, přičemž AR může simulovat nebezpečné situace a učit uživatele správným bezpečnostním postupům, což zvyšuje bezpečnost práce v reálném prostředí. Tento přístup lze využít i v polygrafii. Polygrafické firmy např. HP, BOBST, Landa Digital Printnig a další, využívají AR platformu frontline.io, která umožňuje servis a školení na tiskových strojích, čím může být odborník, kdekoliv a kdykoliv [83].

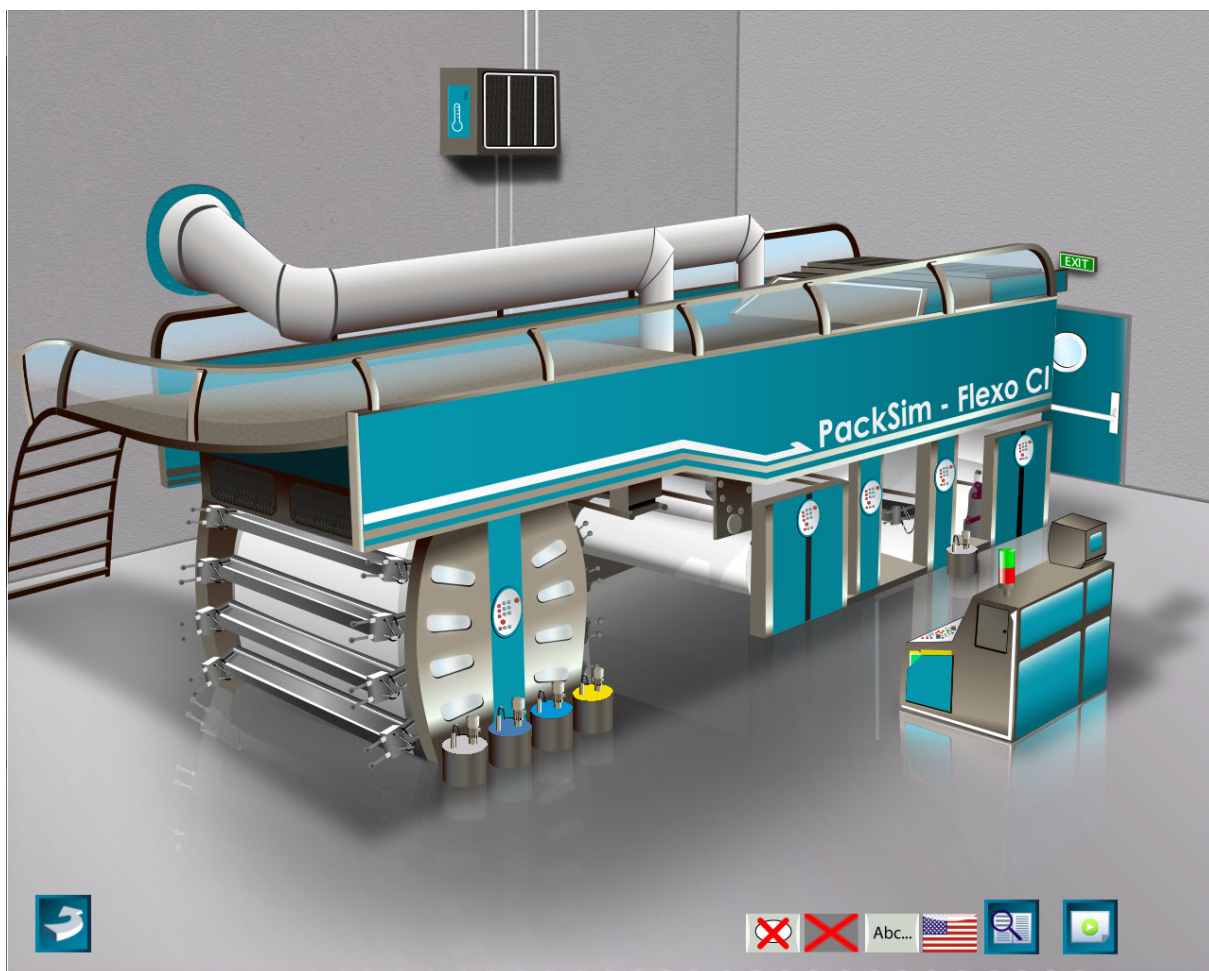
Níže uvedené simulátory jsou momentálně určeny k použití na počítači, případně jako VR, ale obdobný systém by mohl být využitelný i pro AR.

Sinapse Print Simulator

Firma Sinapse představuje tiskový simulátor takto [84] (přeloženo): „Interaktivní software Sinapse Print Simulator kompletně simuluje chod tiskového stroje a reprodukuje širokou škálu tiskových podmínek a problémů, které lze využít pro školení, hodnocení dovedností, zvyšování výkonnosti a analýzu procesů. Simulaci lze také využít k seznámení ostatních pracovníků s tiskovým procesem, zlepšení týmové práce a zvýšení efektivity procesu. Simulátory jsou k dispozici pro hlavní tiskové procesy. Nyní jsou k dispozici na všech zařízeních od PC po Mac.“

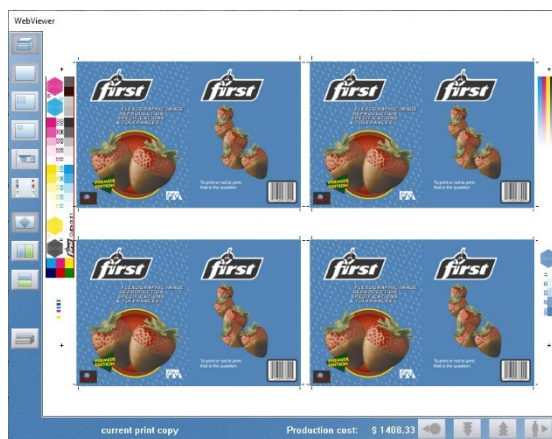
Během sepisování této práce měli studenti Katedry polygrafie a fotofyziky možnost si vyzkoušet simulátor pro flexotiskový stroj (obr. 5, obr. 6, obr. 7), díky účasti v soutěži 3rd Sinapse Worldwide Packaging Productivity contest 2025 [85].

Tento modul simuluje tisk na flexotiskovém stroji s centrálním tlakovým válcem. Dále jsou na webových stránkách uvedeny moduly pro tisk archovým ofsetem, kotoučovým ofsetem (heatset i coldset) a hlubotiskem [84].

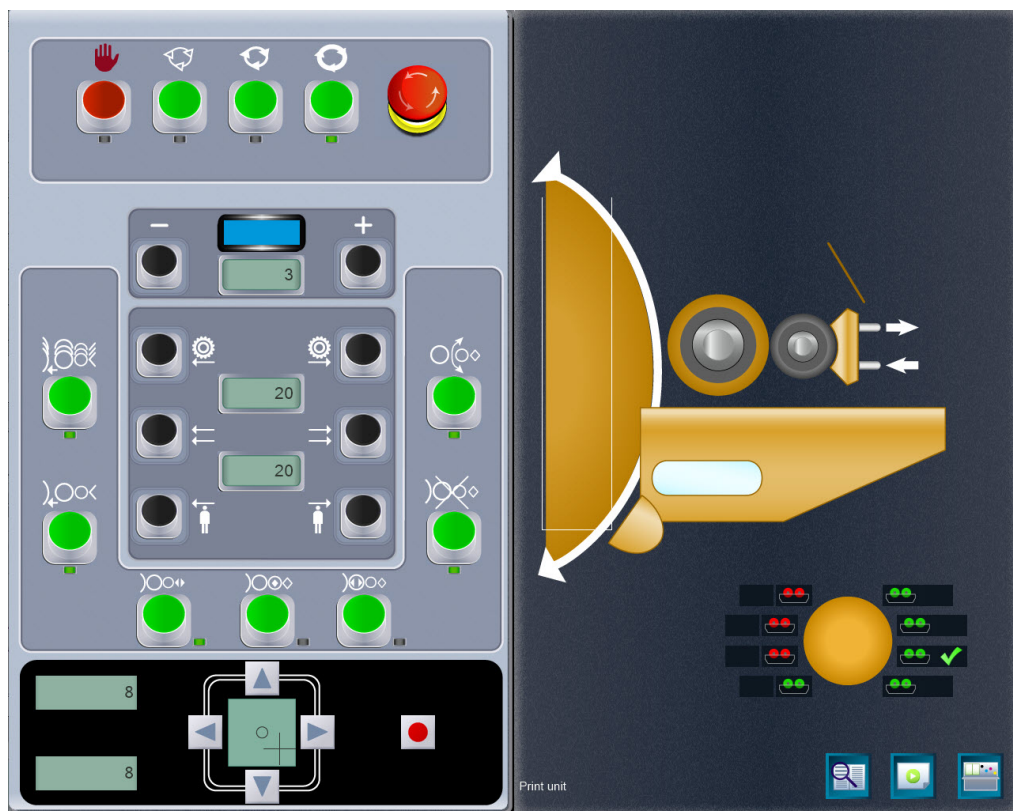


Obrázek 5 – Simulace Flexotiskové stroje s centrálním tlakovým válcem, adaptováno z [86]

Tento simulátor funguje tak, že uživatel dostává úkoly, jak zlepšit kvalitu výsledného tisku při různých situacích, které mohou při tisku nastat. Například když na výtisku chybí azurová barva, je třeba do stroje barvu doplnit a přistavit válec. Toto všechno tento program umí nasimulovat. V tomto simulátoru je také možné nastavovat např. viskozitu barvy. Celkově je tento simulátor schopný nasimulovat veškeré kroky při nastavení tiskového stroje.



Obrázek 6 – Kontrolní výtisk(vlevo), a referenční vzorek (vpravo), adaptováno z [86]



Obrázek 7 – Ovládací panel v Sinapse Print Simulator pro nastavení tiskových jednotek, adaptováno z [86]

Sonoco Institute Stripe VR

Univerzita Clemson v Jižní Karolíně v USA, na Sonoco Institutu Obalového designu a grafiky, vyvinula projekt Stripe VR, záměr tohoto projektu na svém webu vyjadřuje takto (přeloženo): „Náš hlavní projekt je zaměřen na vývoj interaktivní tiskové laboratoře pro školení a nábor pracovních sil. Podle Úřadu pro statistiku práce došlo v polygrafickém průmyslu za posledních 10 let k poklesu zaměstnanosti o 25 %. K přilákání talentovaných pracovníků je zapotřebí špičkové řešení.“ [86]. Stripe VR se na rozdíl od Sinapse Print Simulator věnuje pouze flexotiskovému tisku v konfiguraci bez centrálního tlakového válce [87].



Obrázek 8 – Kontrolní výtisk simulátoru Stripe VR, adaptováno z [87]



Obrázek 9 – Simulace flexotiskového stroje s vyznačeným aniloxovým válcem, adaptováno z [87]

Výuka tiskových procesů

Rozšířená realita může vizualizovat různé tiskové procesy, jako je ofsetový tisk, digitální tisk, sítotisk, 3D tisk a další [88]. Uživatelé mohou vidět jednotlivé kroky, materiály a techniky, což usnadňuje pochopení teorie i praxe [89].

Studie vedená autory článku [89] se zabývá využitím AR ve výuce předmětu zaměřeného na tiskový design. Cílem této studie bylo ověřit, jak AR ovlivňuje porozumění studentů, jejich motivaci a celkové zapojení do výuky. Tohoto výzkumu se zúčastnily čtyři skupiny studentů, kteří tvořili výukové materiály rozšířené o AR prvky, jako jsou 3D modely tiskových strojů nebo animace tiskových procesů.

Výsledky výše uvedené studie [89] ukázaly, že více než 80 % studentů vnímá AR jako přínosnou pomůcku, která jim pomohla lépe pochopit složité tiskové techniky a zároveň je více motivovala k učení. Tito studenti ocenili především možnost interaktivní práce s vizuálními prvky a simulacemi, které by jinak ve výuce chyběly. Rozšířená realita také podpořila spolupráci mezi studenty a rozvoj jejich kreativního myšlení.

Autoři studie [89] doporučují systematické začlenění AR do výuky technických předmětů a zároveň zdůrazňují potřebu školení pedagogů v práci s těmito technologiemi. V závěru studie uvádí, že AR představuje efektivní a inovativní nástroj, který zvyšuje kvalitu výuky tiskových procesů.

Správa a kontrola kvality

Různé aplikace umožňují uživatelům provádět kontrolu kvality tisku pomocí AR brýlí, které mohou zobrazovat kritické body a indikátory kvality, jako jsou barvové odchylky, rozmazání nebo nesprávný soutisk [90].

Aplikace rozšířené reality mohou vést uživatele krok za krokem při kontrolních procesech, čímž se zvyšuje přesnost a efektivita inspekcí [91].

Technická podpora a údržba

Interaktivní návody a manuály mohou být zobrazeny přímo přes AR brýle, což umožňuje uživatelům rychle najít a implementovat řešení technických problémů [92].

Technologie rozšířené reality umožňuje odborníkům poskytovat dálkovou podporu v reálném čase, kdy vidí, co vidí uživatel, a mohou jej krok za krokem vést při řešení problémů [92].

2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

V tiskárnách a firmách zabývajících se obaly se velmi často vyvíjejí konstrukce, které se následně vyřezou a narýhují na plotru a poté posílají zákazníkovi pro ověření, zda jim navržená konstrukce vyhovuje. Ne vždy je však na první pohled patrné, jak by se konstrukce měla skládat, a proto může docházet k posílání více vzorků a tím poměrně velkému plýtvání jak materiálem, tak i časem obchodníka a zákazníka.

V rámci této práce jsem se rozhodla zaměřit na využití AR pro pomoc při skládání krabičky a tím předcházení nedorozumění a neefektivní komunikace se zákazníkem, a v neposlední řadě také snížení odpadu při opětovném posílání a ničení vzorků, u kterých není na první pohled patrné jejich konstrukční řešení.

2.1.1 Vývoj aplikace rozšířené reality

V rámci praktické části byla vytvořena 3D vizualizace skládání vzorku krabičky pomocí AR. Cílem bylo vyvinout funkční prototyp obalu v AR aplikaci, který by usnadňoval zákazníkovi u složitějších konstrukcí sklady na krabičce vytvořit v potřebném pořadí a tím krabičku složit do správného tvaru.

Hlavními kroky bylo vytvoření animovaného 3D modelu a jeho integrace do AR aplikace. Při zpracování byly použity následující formáty souborů:

- DAE – Digital Asset Exchange, někdy označovaný jako COLLADA, je souborový formát, který se využívá pro výměnu dat mezi interaktivními 3D aplikacemi; všechny prvky v tomto formátu jsou definovány jako značky XML (eXtensible Markup Language) [93].
- OBJ – Jedná se o jeden z nejpoužívanějších formátů pro 3D modely a byl vyvinutý společností Wavefront Technologies; prvky v tom formátu jsou definovány pomocí kódu ASCII (American Standard Code for Information Interchange) [94].
- USDZ – Tento bezarchivní, komprimovaný formát je založený na formátu Universal Scene Description (USD), který vyvinula společnost Pixar ve spolupráci se společností Apple [95].

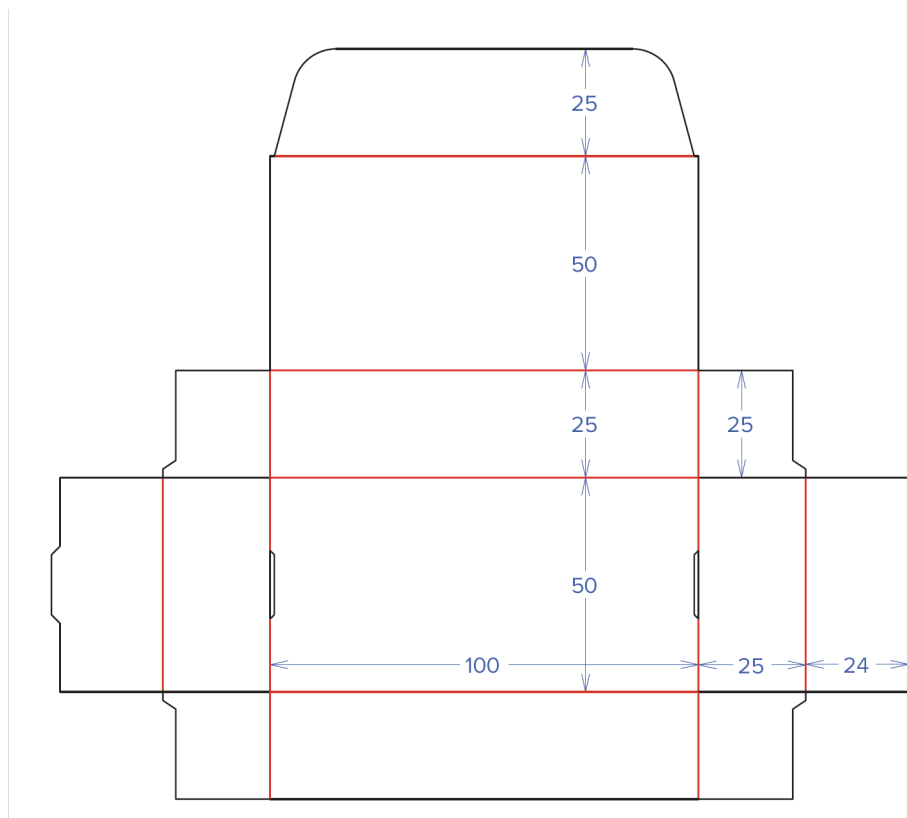
Pro jednotlivé fáze zpracování byly zvoleny tyto programy:

- Artios Cad — Profesionální CAD software pro návrh obalů, který je vyvíjený firmou Esko [96].

- Blender – Jedná se o volně dostupný a otevřený software pro tvorbu 3D grafiky [97].
- Reality Converter – Tento nástroj od společnosti Apple slouží k převodu 3D modelů do formátu USDZ; je kompatibilní pro zařízení vyvinutá společností Apple [98].
- Reality Composer – Tato aplikace od společnosti Apple umožňuje tvořit interaktivní 3D a AR scény bez nutnosti programování; rovněž je kompatibilní pro zařízení vyvinutá společností Apple [99]. Předtím, než byla pro realizaci zvolena tato aplikace, byla vyzkoušena i aplikace Adobe Aero a BlippAR. Jelikož jsem ale sama uživatelem zařízení iPhone a Macbook, rozhodla jsem i s ohledem na pro mě mnohem přehlednější ovládání pro využití aplikace Reality Composer, i přes její nekompatibilitu s jinými zařízeními.

Postup

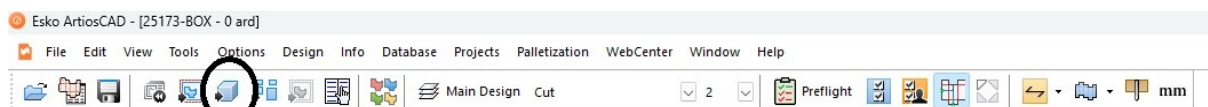
V programu Esko ArtiosCAD byla navržena konstrukce. Nejprve byl zakreslen 2D výkres, ze kterého následně vycházel 3D model (obr. 10).



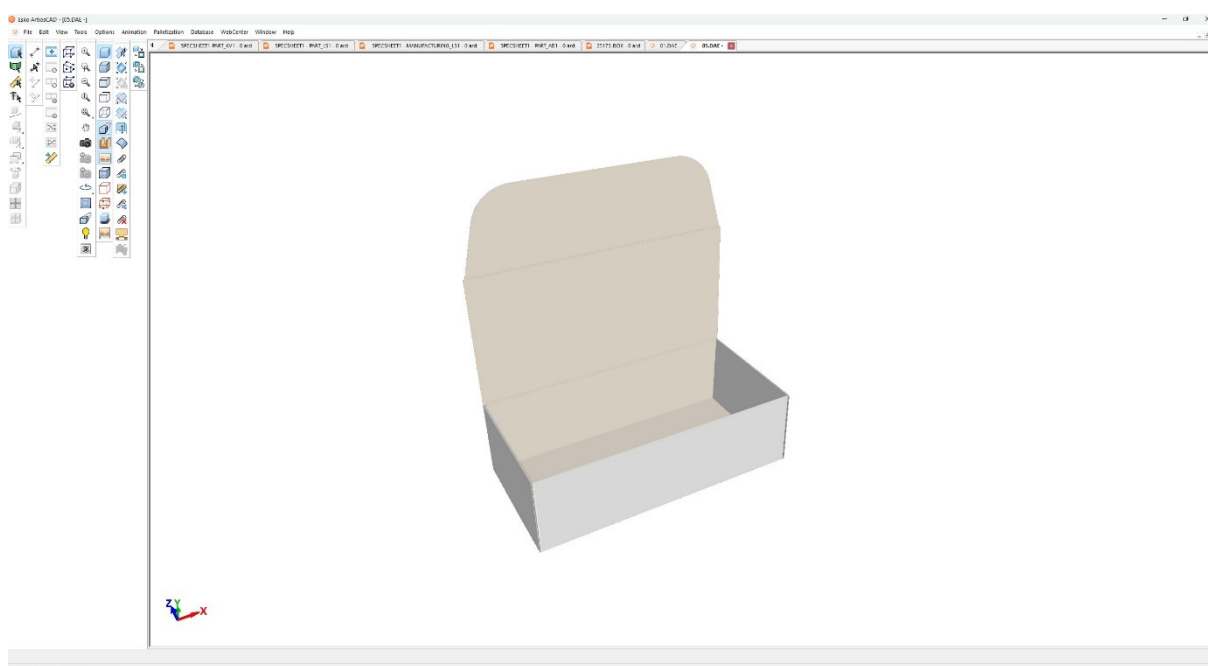
Obrázek 10 – 2D výkres konstrukce krabičky z programu Esko ArtiosCad (řezací linky černě, rýhovací linky červeně, rozměry okótovány v mm)

Tento výkres byl převeden do 3D modulu v programu ArtiosCad (obr. 12) a poté uložen do celkem sedmi souborů, přičemž v každém souboru byla krabička v jiné fázi skládání.

Program ArtiosCad nepodporuje ukládání do souborů ve formátu OBJ, který byl používán při dalším zpracování. Soubory s 3D modely proto musely být uloženy do formátu DAE, který je kompatibilní s programy, ve kterých je možné 3D modely převést do požadovaného formátu OBJ.



Obrázek 11 – funkce pro převod výkresu do 3D modelu



Obrázek 12 – 3D modul ArtiosCad s částečně složenou krabičkou

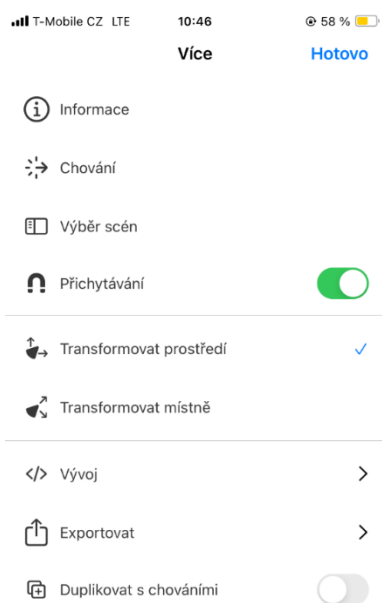
Všech sedm souborů ve formátu DAE bylo za pomoci aplikace Blender převedeno do formátu OBJ a z něj následně za pomoci aplikace Reality Converter do formátu USDZ. Tyto soubory byly z Macbooku odeslány na iPhone pomocí funkce AirDrop.

Soubory ve formátu USDZ byly již poté kompatibilní pro tvorbu AR v aplikaci Reality Composer. Aplikace Reality Composer je totiž schopna pracovat pouze se soubory ve formátu USDZ. Tyto soubory byly následně naimportovány do aplikace Reality Composer (obr. 13). Každý soubor byl naimportován přes znaménko plus v horní liště a následným klepnutím na tlačítko Importovat.



Obrázek 13 – Naimportovaný soubor ve scéně 01 v aplikaci Apple Reality Composer – krabička v rozloženém stavu

U jednotlivých souborů bylo nastaveno jejich chování tak, aby s klepnutím na krabičku změnila scénu, kde se objevila krabička v dalším kroku skládání. U všech souborů bylo chování nastaveno stejně (obr. 14, obr. 15).



Obrázek 14 – Nastavení v programu Reality Composer

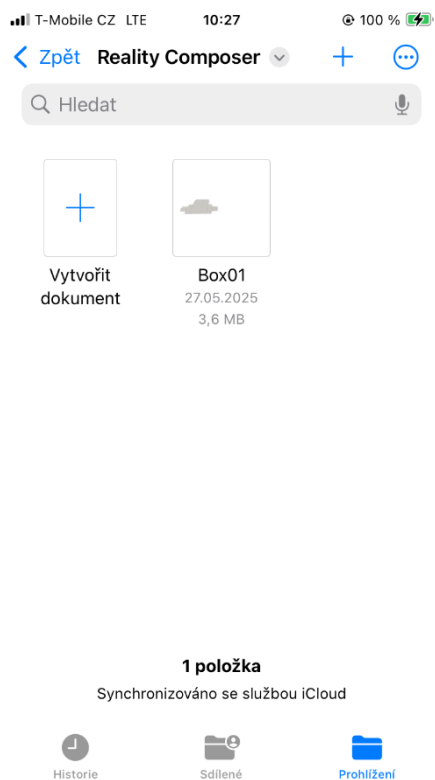


Obrázek 15 – Nastavení chování objektu v aplikaci Reality Composer

Soubor s mnou vytvořenou aplikací byl následně uložen jako finální verze ve formátu USDZ s názvem Box01.

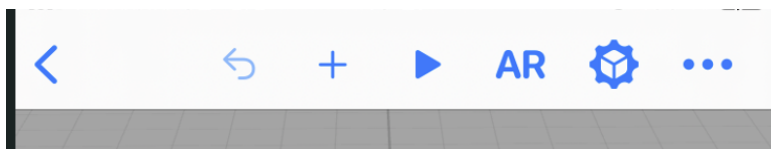
Následně by byl tento soubor poslán zákazníkovi i s odkazem na stažení aplikace Reality Composer v AppStore, nebo na vhodnou aplikaci k náhledu, pro uživatele operačního systému Android.

Po nainstalování aplikace na zařízení Apple se příložený soubor s vytvořeným AR obsahem automaticky zařadí při jeho stažení do aplikací již vytvořené složky Reality Composer v souborech zařízení. Tato složka se otevře po spuštění této aplikace (obr. 16). V případě uživatelů zařízení se systémem Android si tento soubor otevřou na vhodné platformě k náhledu USDZ souborů. Dále jsou popsány úkony, které se týkají uživatelů využívajících Apple iPhone nebo iPad, pro které byla aplikace primárně vytvořena.



Obrázek 16 – Automaticky vytvořená složka zobrazující se při spuštění aplikace Reality Composer

Tento soubor si zákazník otevře a klikne nahoře v liště na zobrazení v AR (obr. 17).



Obrázek 17 – Horní lišta aplikace Reality Composer s přechodem do AR módu

Zapne se kamera. Zákazník si namíří na místo, na kterém chce, aby se krabička zobrazovala.

Aplikace sama zákazníkovi řekne, jak má s kamerou hýbat, aby si místo správně nasnímala a byla schopná zde krabičku zobrazit (obr.18).



Obrázek 18 – Navádění aplikace Reality Composer k umístění krabičky do reálného světa

Poté, co se krabička zobrazí, si zákazník může upravit její velikost, polohu a natočení. Dále zákazník postupuje po jednotlivých krocích pomocí klepnutí, tzn. vždy, když jeden krok při skutečném skládání vzorku krabičky vykoná, v AR aplikaci klepnutím na krabičku přejde na další krok. V každém kroku si zobrazení krabičky rovněž může upravit podle potřeby.

2.1.2 Výsledek

Výsledkem je vizualizace zjednodušená oproti původnímu záměru, kterým bylo plynulé skládání. Z tohoto pohledu se jedná spíše o prototyp. Pokud by ovšem skládání mělo být zobrazeno plynule jako videozáznam, bylo by nutné animovat v programu ArtiosCAD sklady v jednotlivých sekvencích, např. po úhlech, a vytvořit takto tzv. Frame animaci. Tento způsob by ovšem byl časově náročný tak, že by trval déle než vytvoření samotné konstrukce, čímž by to z hlediska času a souvisejících nákladů nedávalo smysl.

Způsob, kterým byla vizualizace nyní vytvořena, popisuje jednotlivé kroky a výsledek, jak má krabička vypadat po každém kroku. Tím se tato vizualizace trochu oddálila od původního záměru, nicméně i toto provedení dochází v podstatě ke stejnému výsledku, kdy zákazník je schopný vidět, jak má krabička vypadat po jednotlivých krocích. Možným zlepšením, které by

nebylo tolik časově náročné jako vytvoření plynulých animací jednotlivých kroků skládání, by mohlo být přidání šipek naznačujících způsob skládání k částem krabičky, které se mají skládat v následujícím kroku.

Zároveň se nepodařilo v aplikaci Reality Composer najít, zda je kompatibilní s nastavením možnosti zpětného kroku. Ve vytvořené AR aplikaci se tedy zákazník může podívat jen na celý postup složení krabičky a poté soubor v aplikaci spustit znovu od začátku. Nicméně aplikace reaguje na klepnutí, což znamená, že až ve chvíli, kdy je zákazník připraven přejít do dalšího kroku, jednoduše klepne na krabičku a tím se přepne scéna na následující krok.

Další nevýhodou zmíněnou již výše je, že použitý program Reality Composer je kompatibilní pouze s produkty společnosti Apple. Nicméně povoluje export do formátu USDZ pro otevření i v jiných programech, např. USDZ Viewer [100], čímž se tato aplikace stává využitelnou pro uživatele všech zařízení.

2.1.3 Diskuse přínosnosti

Přínos navržené AR aplikace je v usnadnění komunikace se zákazníkem a vyvarování se zbytečného plýtvání eliminací vzniku odpadu při nezdařeném složení krabičky nebo jejím zničení.

Příprava souboru je ovšem poměrně časově náročná, a jak je uvedeno výše, nebylo dosaženo všech zamýšlených vlastností a funkcí. Nicméně při lepším zpracování by mohlo být využití AR jak pro tiskárny, tak i pro zákazníka poměrně dobrým způsobem, jak zamezit plýtvání materiálu potřebou většího počtu vzorků.

Vzorky, které jsou zpracované na plotru, plně neodpovídají realitě, protože ohyby nejsou tak kvalitní jako po výseku; proto by vytvořená AR aplikace mohla sloužit i pro lepší představu toho, jak vzorek bude vypadat po výrobě jako takové. Na krabičku by se za pomoci dalších programů navíc dala nahrát i grafika, a tím ještě lépe vizualizovat vzhled po výrobě.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo na základě dostupných zdrojů zpracovat přehled existujících řešení pro rozšířenou realitu s ohledem na jejich funkce, dostupnost a obecné příklady využití, analyzovat možnosti jejich využití v polygrafickém průmyslu a navrhnout a případně realizovat aplikaci rozšířené reality pro vybraný účel.

V první části byl zpracován přehled, který popisuje funkce rozšířené reality, její historii, současnost a využití v jiných oborech jako například školství, zdravotnictví, volná zábava. Z tohoto zpracovaného přehledu lze závěrem usoudit, že rozšířená realita ještě není na konci svého vývoje a jak zdroje udávají, čeká ji další rozvoj a poměrně perspektivní budoucnost. Rozšířená realita se v posledních letech stala velmi dosažitelnou a je možné, a dokonce i velmi pravděpodobné, že v budoucnosti ji bude využívat více lidí a firem, než je tomu dnes.

Druhá část analyzuje rozšířenou realitu a její využití v polygrafickém průmyslu. Rešerše při sepisování této práce jasně ukázala, že polygrafický průmysl má snahu přizpůsobit se dnešnímu světu a rozšířená realita a příbuzné technologie do něj stále více pronikají také. Rozšířená nebo virtuální realita v polygrafickém průmyslu podporuje zaškolování a trénink, např. Sonoco VR. Polygrafický průmysl ale také rozšířenou realitu vyrábí a zpřístupňuje např. pomocí QR kódů na obalech, čímž pomáhá spíše v marketingové sféře, jak ilustrují příklady letáků Lego a billboardu Coca-cola.

Experimentální část poté popisuje návrh a realizaci aplikace rozšířené reality, která by měla využití v tiskárnách zabývajících se výrobou obalů. Tento prototyp byl realizován pomocí aplikací Esko ArtiosCad, Blender, Apple Reality Converter a Apple Reality Composer. Ve vytvořené aplikaci může zákazník procházet vizualizací, kdy se jednotlivé scény mění vždy po dalším hotovém skladu krabičky. Nebyl tedy splněn původní záměr, kterým byla plynulá vizualizace postupu skládání, nicméně aplikace zákazníkovi umožňuje vidět postup po každém kroku, a tím je myšlenka usnadnění v komunikaci ohledně skládání krabičky splněna.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] M. Farshid, J. Paschen, T. Eriksson a J. Kietzmann (2018), Go Boldly!: Explore augmented reality (AR), virtual reality (VR), and mixed reality (MR) for business, *Business Horizons*, roč. 61, č. 5, s. 657–663. DOI: 10.1016/j.bushor.2018.05.009. ISSN 1873-6068M.
- [2] P. Milgram a A.F. Kishino (1994), Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays, *IEICE Transactions on Information Systems*, E77-D(12), s. 1321–1329.
- [3] B. Furht (2011), *Handbook of augmented reality*, New York: Springer. ISBN 978-1-4614-0063-9.
- [4] D. Chatzopoulos, C. Bermejo, Z. Huang a P. Hui, (2017) Mobile Augmented Reality Survey: From Where We Are to Where We Go. *IEEE Access*, roč. 5, s. 6917–6950. DOI: 10.1109/ACCESS.2017.2698164, ISSN 2169-3536.
- [5] W. Broll, P. Grimm a B. Jung (2022), *Virtual and augmented reality (VR/AR): Foundations and methods of extended realities (XR)*. Cham: Springer, ISBN 978-3-030-79061-5.
- [6] What is Augmented reality? [Online] ©2025 Educative. Dostupné z: <https://www.educative.io/answers/what-is-augmented-virtuality/> [citováno 23. 6. 2025].
- [7] A. Makarov (2025), 12 Augmented Reality Technology Trends of 2025: New Milestones in Immersive Innovations [Online] 14. 3. 2025 Mobidev. Dostupné z: <https://mobidev.biz/blog/augmented-reality-trends-future-ar-technologies> [citováno 23. 6. 2025].
- [8] Augmented Reality In 2025: What To Expect [Online] 17. 10. 2024. Dostupné z: <https://augmented-reality.co.za/the-future-of-augmented-reality-what-to-expect-in-2025/> [citováno 23. 6. 2025].
- [9] The Top AR Glasses Set to Be Released in 2025 [online] Artlabs. Dostupné z: <https://artlabs.ai/blog/top-augmented-reality-headsets> [citováno 23. 6. 2025].

- [10] Augmented Reality market size – industry report on share, growth trends and forecast analysis (2025 – 2030) [Online] Mordor Intelligence.
Dostupné z: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/augmented-reality-market> [citováno 23. 6. 2025].
- [11] Augmented Reality Market Size to Surpass USD 1109.71 Billion by 2030, exhibiting a CAGR of 50.7% [online] GlobeNewswire.
Dostupné z: <https://www.globenewswire.com/news-release/2023/06/05/2681731/0/en/Augmented-Reality-Market-Size-to-Surpass-USD-1109-71-Billion-by-2030-exhibiting-a-CAGR-of-50-7.html> [citováno 23. 6. 2025].
- [12] R. Hryniewicz, The Future of Augmented Reality. AR Trends for 2024: Devices and Applications, [Online] 2. 1.2024.
Dostupné z: <https://nsflow.com/blog/the-future-of-augmented-reality-ar-trends-devices-and-applications> [citováno 23. 6. 2025].
- [13] D. Schmalstieg a T. Höllerer (2016), Augmented reality: principles and practice. Boston: Addison Wesley. ISBN 978-0-321-88357-5.
- [14] K. B. Ashwini, N. Patil Preethi, R. Savitha (2020) Tracking Methods in Augmented Reality – Explore the Usage of Marker-Based Tracking. In: Proceedings of the 2nd International Conference on IoT, Social, Mobile, Analytics & Cloud in Computational Vision & Bio-Engineering (ISMAC-CVB 2020). DOI: 10.2139/ssrn.3734851.
- [15] What is SLAM? [Online] Math Works.
Dostupné z: <https://www.mathworks.com/discovery/slam.html> [citováno 23. 6. 2025].
- [16] E. Karan, M. E. Morkoc, A. Sireci a K. Fidanboyly (2021). Indoor and Outdoor Navigation Application Development with Augmented Reality Technology. In: Conference Proceedings: 5th International Conference on Computational. Mathematics and Engineering Sciences. s. 211–220.
- [17] I. Deshmukh, S. Chavan, A. Kamterak a V. Dixit (2023), Augmented Reality Based Indoor Navigation System. International Journal for Research in Applied Science & Engineering, roč. 11, č. 10, 815–825.
DOI: 10.22214/ijraset.2023.53664. ISSN: 2321-9653.

- [18] M. Billinghurst, A. Clark a G. Lee (2015). A Survey of Augmented Reality. Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction, roč. 8, č. (2–3), 73–272. DOI: 10.1561/1100000049.
- [19] B. Lutkevich, Natural user interface (NUI) [Online] 22. 11. 2023. Dostupné z: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/natural-user-interface-NUI> [citováno 23. 6. 2025].
- [20] Head Mounted Display (HMD) – How businesses benefit from smart glasses [Online] ALEGER. Dostupné z: <https://alegerglobal.com/en/augmented-reality/smart-glasses/head-mounted-displays/> [citováno 23. 6. 2025].
- [21] R. Dörner, W. Broll, P. Grimm a B. Jung (2022). Virtual and Augmented Reality (VR/AR): Foundations and Methods of Extended Realities (XR). ISBN: 978-3-030-79061-5, DOI: 10.1007/978-3-030-79062-2.
- [22] Microsoft HoloLens [Online] Microsoft. Dostupné z: <https://learn.microsoft.com/en-us/hololens/> [citováno 23. 6. 2025].
- [23] Device Troubleshooting [Online] Microsoft. Dostupné z: <https://learn.microsoft.com/en-us/hololens/hololens-troubleshooting> [citováno 23. 6. 2025].
- [24] Azure Kinect DK [Online] Microsoft. Dostupné z: <https://azure.microsoft.com/cs-cz/products/kinect-dk/?msockid=05e1a395ef19602b3891b6c1eee86191> [citováno 23. 6. 2025].
- [25] Tracking Technology in Augmented Reality [online] Encyclopedia. Dostupné z: <https://encyclopedia.pub/entry/39656> [citováno 23. 6. 2025].
- [26] IMU [online]. Dostupné z: <https://xinreality.com/wiki/IMU> [citováno 23. 6. 2025].
- [27] M. Malik, Advancing LiDAR Technology: Enabling Next-generation AR/VR Experiences and Metaverse [Online] Zensar. Dostupné z: <https://www.zensar.com/insights/blogs/advancing-lidar-technology-enabling-next-generation-ar/vr-experiences-and-metaverse/> [citováno 23. 6. 2025].
- [28] T. Lee a T. Hollerer, (2007) Handy AR: Markerless Inspection of Augmented Reality Objects Using Fingertip Tracking. In: 2007 11th IEEE International Symposium on Wearable Computers, Boston, MA, USA, s. 83–90, DOI: 10.1109/ISWC.2007.4373785.

- [29] Best Augmented Reality Apps of 2025 [online] Take Away Reality.
Dostupné z: <https://www.takeaway-reality.com/post/best-augmented-reality-apps-of-2024> [citováno 23. 6. 2025].
- [30] Blippar [Online] Blippar. Dostupné z: <https://www.blippar.com> [citováno 23. 6. 2025].
- [31] Augmented Reality Advertising: 10 Powerful Examples of Branded AR Campaigns [Online] Arprio. Dostupné z: <https://www.arpr.io/blog/augmented-reality-advertising-10-powerful-examples-of-branded-ar-campaigns> [citováno 23. 6. 2025].
- [32] Sephora Visual Artist: the Future of Product Try On. [Online] 29. 7. 2019. Dostupné z: <https://theverypolishedbeauty.com/2019/07/29/sephora-visual-artist-the-future-of-product-try-on/> [citováno 23. 6. 2025] nalezeno pomocí ChatGPT.
- [33] L. Montagna, Pepsi Max and the Augmented Reality Unbelievable Bus Shelter [Online] Secondstarvr.
Dostupné z: <https://secondstarvr.com/en/post-see/unbelievable-bus-shelter-pepsi-max-unbelievable-livefor-now/> [citováno 23. 6. 2025].
- [34] Angry Birds fly to Burger King with new toys and augmented reality experience! [Online] 10. 5. 2021. Dostupné z: <https://www.rovio.com/articles/angry-birds-fly-to-burger-king-with-new-toys-and-augmented-reality-experience> [citováno 23. 6. 2025] nalezeno pomocí ChatGPT.
- [35] IKEA Place app launched to help people virtually place furniture at home [Online] 12.9. 2017. Dostupné z: <https://www.ikea.com/global/en/newsroom/innovation/ikea-launches-ikea-place-a-new-app-that-allows-people-to-virtually-place-furniture-in-their-home-170912/> [citováno 23. 6. 2025] nalezeno pomocí ChatGPT.
- [36] View in your room [Online]. Dostupné z: <https://www.amazon.com/products>. [citováno 23. 6. 2025].
- [37] 19Crimes WebAR Experience [Online].
Dostupné z: <https://gbl.19crimes.com/pages/19-crimes-living-wine-labels> [citováno 23. 6. 2025] nalezeno pomocí ChatGPT.

- [38] Web3 Initiatives [Online].
Dostupné z: <https://socialbuzz.org.in/coca-cola-web3/> [citováno 23. 6. 2025] nalezeno pomocí ChatGPT.
- [39] Holoroom How to [Online] Lowe's Innovation Labs. Dostupné z: <https://www.lowesinnovationlabs.com/projects/holoroom-how-to> [citováno 23. 6. 2025].
- [40] PokemonGO [Online] Pokemon GO. Dostupné z: <https://pokemongo.com> [citováno 23. 6. 2025].
- [41] T. Stone, New Game: Minecraft Earth [Online] 17. 5. 2019.
Dostupné z: <https://www.minecraft.net/en-us/article/new-game--minecraft-earth> [citováno 23. 6. 2025].
- [42] Ingress [Online] Ingress. Dostupné z: <https://ingress.com> [citováno 23. 6. 2025].
- [43] Interactive Anatomy [Online] 4D Interactive Anatomy. Dostupné z: <https://www.4danatomy.com> [citováno 23. 6. 2025].
- [44] Quiver Vision [Online] Quiver. Dostupné z: <https://quivervision.com> [citováno 23. 6. 2025].
- [45] Google Arts and Culture [Online] Google. Dostupné z: <https://artsandculture.google.com/project/expeditions> [citováno 23. 6. 2025].
- [46] AR Flash Cards [Online] AR Flash Cards. Dostupné z: <https://arflashcards.com> [citováno 23. 6. 2025].
- [47] B.Mesko, Augmented reality in Healthcare: 8 examples [Online] 16.4.2024.
Dostupné z: <https://medicalfuturist.com/augmented-reality-in-healthcare-will-be-revolutionary/> [citováno 23. 6. 2025].
- [48] AccuVein [Online] AccuVein. Dostupné z: <https://www.accuvein.com> [citováno 23. 6. 2025].
- [49] Proximie [Online] Proximie. Dostupné z: <https://www.proximie.com/platform> [citováno 23. 6. 2025].
- [50] 4D Interactive anatomy [Online] AccuVein. Dostupné z: <https://www.4danatomy.com> [citováno 23. 6. 2025].

- [51] MediView [Online] MediView. Dostupné z: <https://mediview.com> [citováno 23. 6. 2025].
- [52] MindMaze [Online] Mind Maze. Dostupné z: <https://mindmaze.com/digital-therapies-for-neurorehabilitation/> [citováno 23. 6. 2025].
- [53] AR Anatomy [Online] OSF Innovation. Dostupné z: <https://www.osfinnovation.org/learn/jump-applications/ar-anatomy> [citováno 23. 6. 2025].
- [54] E. Margaritopoulos a E. Georgiadou (2019), Journal of Print and Media technology research, roč. 8, č. 1, s. 43-55, ISSN 2414-6250 [online], DOI 10.14622
- [55] Augmented Reality in Print Media – Blending the Physical and Digital [Online] 20.5.2024 . Dostupné z: <https://www.plugin.com/augmented-reality/augmented-reality-print-media/> [citováno 23. 6. 2025].
- [56] The future of Print Media in a Digital World [online] 14. 12. 2023. Dostupné z: <https://pixelix.com/blog/the-future-of-print-media-in-a-digital-world/> [citováno 23. 6. 2025].
- [57] How AR and VR are transforming training in manufacturing [Online] 7. 1. 2020. Dostupné z: <https://www.vanmeterinc.com/blog/ar-vr-in-manufacturing> [citováno 23. 6. 2025].
- [58] Rethinking Augmented Reality for Packaging and Sustainability [online] 15. 6. 2020. Dostupné z: https://www.packagingtechtoday.com/machinery/coding-marking-labeling/rethinking-augmented-reality-for-packaging-and-sustainability/?utm_source=chatgpt.com [citováno 23. 6. 2025]
Nalezeno pomocí Chat GPT.
- [59] J.P. Nirmala, R. Raja a M. Kanchana, (2024). Transforming Graphic Design – The Impact of Augmented and Virtual Reality on User Interaction, Security and Product Packaging Optimization. DOI: 10.24867/GRID-2024-p19.
- [60] More to explore with ARKit 6 [online] Apple developer. Dostupné z: <https://developer.apple.com/augmented-reality/arkit/> [citováno 23. 6. 2025].
- [61] ARCore [Online] ARCore. Dostupné z: <https://developers.google.com/ar> [citováno 23. 6. 2025].

- [62] Vuforia Expert Capture: Scale Expert Knowledge and Deliver AI Guidance. [Online] ptc. Dostupné z: <https://www.ptc.com/en/products/vuforia/vuforia-expert-capture> [citováno 23. 6. 2025].
- [63] Wikitude [Online] Wikitude. Dostupné z: <https://www.wikitude.com/augmented-reality-image-recognition/> [citováno 23. 6. 2025].
- [64] A. Jessen, T. Hilken, M. Chylinski, D. Mahr, J. Heller et al. (2020) The playground effect: How augmented reality drives creative customer engagement. [Online] . Journal of Business Research, roč. 116, s. 85-98. ISSN 0148-2963.
- [65] M. Chylinski, J. Heller, T. Hilken, D.I. Keeling, D. Mahr, a de Ruyter, K. (2020). Augmented Reality Marketing: A Technology-Enabled Approach to Situated Customer Experience. Australasian Marketing Journal, roč. 28, č. 4, s. 374-384. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ausmj.2020.04.004>
- [66] Rani, Ma a Mohd Khairulnizam Ramlie. (2023). The Utilization of Augmented Reality (AR) Applications as Packaging Design Enhancement. International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences, roč. 13. DOI: 10.6007/IJARBSS/v13-i7/17332.
- [67] New Atlas [Online] 12. 2009. Dostupné z: <http://newatlas-brightspot.s3.amazonaws.com/archive/esquire-1.jpg> [citováno 23. 6. 2025].
- [68] Brochures and augmented reality: paper and digital combine forces [Online] 11.11.2020. Dostupné z: <https://www.pixartprinting.co.uk/blog/brochures-augmented-reality/> [citováno 23. 6. 2025].
- [69] A. Šeráková, Ikea Place je dostupná i pro Android. Rozšířená realita zobrazuje nábytek v místnosti [online] 13. 8. 2018. Dostupné z: <https://www.mediar.cz/ikea-place-je-dostupna-i-pro-android-rozsirena-realita-zobrazuje-nabytek-v-mistnosti/> [citováno 23. 6. 2025].
- [70] A. M. Bagamaspad, J. I. Caingles, K.A. Koa, J. L. Simeon a C. Ruiz (2018). A mobile augmented reality-based assembly guidance application for LEGO. In K. Blashki, L. Rodrigues, & Y. Xiao (Ed.), MCCSIS 2018 - Multi Conference on Computer Science and Information Systems; Proceedings of the International Conferences on Interfaces and Human Computer Interaction 2018, Game and Entertainment Technologies 2018

and Computer Graphics, Visualization, Computer Vision and Image Processing 2018, s. 237-244. IADIS.

- [71] F. Houska, Lego představilo AR aplikaci, se kterou můžete doplňovat vaše stavebnice o virtuální modely [online] 3. 12. 2017. Dostupné z: <https://cc.cz/lego-predstavilo-vlastni-ar-aplikaci-se-kterou-muzete-doplnovat-skutecne-stavebnice-o-virtualni-modely/> [citováno 23. 6. 2025].
- [72] Captivating Audiences: Using 3D Billboards to Supercharge Advertising [online] 7.4.2025. Dostupné z: <https://rockpaperreality.com/insights/extended-reality/using-3d-billboards-to-supercharge-advertising/> [citováno 23. 6. 2025].
- [73] Augmented Reality Packaging Market – Technology, End Use Industry – Global Forecast, 2025-2034 [Online] 4. 2025. Dostupné z: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/augmented-reality-packaging-market> [citováno 23. 6. 2025].
- [74] PIA Launches Augmented Reality and Interactive Print Course [online] 18. 2. 2025. Dostupné z: https://www.printing.org/content/2020/02/18/pia-launches-augmented-reality-and-interactive-print-course?utm_source=chatgpt.com [citováno 23. 6. 2025]. Nalezeno pomocí Chat GPT.
- [75] Augmented Reality and Interactive Print [online] iLearning+. Dostupné z: <https://www.ilearningplus.org/courses/augmented-reality> [citováno 23. 6. 2025].
- [76] Augmented reality packaging [online] 27. 6. 2025. Dostupné z: <https://www.ediie.com/blog/augmented-reality-packaging/> [citováno 23. 6. 2025].
- [77] A. Kyguoliene a R. Braziulyte (2022), „Application of Augmented Reality in Product Packaging: Challenges and Development Opportunities. Online. Management of Organizations: Systematic Research, roč. 88, č. 1, s. 85-100. ISSN 2335-8750
- [78] T. Jing (2024), Application of augmented reality technology in visual design of cultural product packaging, Applied Mathematics and Nonlinear Sciences, roč. 9, č. 1, s. 1-16, ISSN 2444-8656. DOI: 2024-1576, nalezeno pomocí Chat GPT.
- [79] N. Farmer, Neil (ed.) (2023). Trends in packaging of food, beverages and other fast-moving consumer goods (FMCG): markets, materials and technologies. Woodhead

Publishing series in food science, technology and nutrition. Oxford: Woodhead Publishing. ISBN 978-0-85709-503-9.

- [80] Heres How LOreal is Using Agmented and Virtual Reality to Create In-Store Experiences [online] Future Stores. Dostupné z: <https://futurestores.wbresearch.com/blog/loreal-augmented-reality-virtual-reality-in-store-experience-strategy> [citováno 23. 6. 2025].
- [81] Pepsi links gamified AR to packaging, socail as part of golabal soccer push [online] 20.2. 2020. Dostupné z: <https://www.marketingdive.com/news/pepsi-links-gamified-ar-to-packaging-social-as-part-of-global-soccer-push/572646/> [citováno 23. 6. 2025].
- [82] Power of AR and customer egagement: Case of Coca-Cola [Online] 11. 11. 2024. Dostupné z: <https://gamified.marketing/power-of-ar-customer-engagement-case-coca-cola/> [citováno 23.6. 2025] nalezeno pomocí ChatGPT.
- [83] Revolutionizing Training and Support for the Printing Industry [online]. Dostupné z: <https://www.frontline.io/revolutionizing-training-and-support-for-the-printing-industry-adressing> [citováno 23.6. 2025] 20. 3. 2023 nalezeno pomocí Chat GPT.
- [84] Sinapse Print Simulators [online] Sinapse. Dostupné z: https://sinapseprint.com/Simulators-11-?utm_source=chatgpt.com [citováno 23. 6. 2025] nalezeno pomocí Chat GPT.
- [85] Agenda of the contest [online] Sinapse. Dostupné z: <https://cloud.sinapseprint.com/en/contest/agenda> [citováno 23. 6. 2025].
- [86] Sinapse Print Simulator [online] Sinapse
Dostupné z: https://cloud.sinapseprint.com/en/product#flexo_section
[citováno 23. 6. 2025]
- [87] Sonoco institute [online] Clemson. Dostupné z: <https://www.clemson.edu/centers-institutes/sonoco-institute/services/virtual-reality.html> [citováno 23. 6. 2025].
- [88] V. Lara-Prieto, E. Bravo-Quirino, M. Á. Rivera-Campa, J. E. Gutiérrez-Arredondo, An Innovative Self-learning Approach to 3D Printing Using Multimedia and Augmented Reality on Mobile Devices. Online. Procedia Computer Science. 2015, roč. 75, s. 59-65. ISSN 18770509.

- [89] Journal of e-Learning and Higher Education <https://ibimapublishing.com/articles/JELHE/2022/661787/> Vol. 2022 (2022), Article ID 661787, 8 pages, ISSN: 2169-0359 DOI: 10.5171/2022.661787
- [90] G. Zhang, S. Song, J. Panescu, N. Shapiro, K. C. Dannemiller a R. Qin, A novel systems solution for accurate colorimetric measurement through smartphone-based augmented reality [Online] 15. 6. 2025. Dostupné z: <https://journals.plos.org/plosone/article> [citováno 23.6. 2025]. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0287099>, nalezeno pomocí ChatGPT.
- [91] D. Segovia, M. Mendoza, E. Mendoza a E. González, (2015). Augmented Reality as a Tool for Production and Quality Monitoring. *Procedia Computer Science*, roč. 75, s. 291-300. DOI: 10.1016/j.procs.2015.12.250.
- [92] Performance and availability [Online] Koenig and Bauer. Dostupné z: <https://digitalisation.koenig-bauer.com/en/performance-verfuegbarkeit/> [citováno 23. 6. 2025].
- [93] DAE [Online] FileFormat. Dostupné z: https://docs.fileformat.com/cs/3d/dae/?utm_source=chatgpt.com [citováno 23. 6. 2025]. Nalezeno pomocí Chat GPT.
- [94] OBJ [online] FileFormat. Dostupné z: <https://www.fileformat.info/format/wavefrontobj/egff.htm> [citováno 23. 6. 2025].
- [95] USDZ [Online] File Info. Dostupné z: <https://fileinfo.com/extension/usdz> [citováno 23. 6. 2025].
- [96] Artios CAD [online] Artios CAD. Dostupné z: <https://www.esko.com/en/products/artioscad> [citováno 23. 6. 2025].
- [97] Blender [online] Blender. Dostupné z: <https://www.blender.org> [citováno 23. 6. 2025].
- [98] Reality Converter [online] 13. 1. 2020. Dostupné z: <https://developer.apple.com/news/> [citováno 23. 6. 2025].
- [99] Reality Composer [online] Apple Developer. Dostupné z: <https://developer.apple.com/augmented-reality/tools/> [citováno 23. 6. 2025].

[100] USDZ Viever [Online] USDZ Viewer. Dostupné z: <https://www.usdz-viewer.net>
[citováno 23. 6. 2025].

[101] ChatGPT [online] ChatGPT. Dostupné z: <https://chatgpt.com> [citováno 23. 6. 2025].

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A: Aplikace – na přiložené SD kartě

Příloha B: Projekt aplikace – na přiložené SD kartě