

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B2301 Strojní inženýrství  
Studijní zaměření: Průmyslové inženýrství a management

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

System pro zaskladňování pomocí rozšířené reality

Autor: **Ondřej Štilip**  
Vedoucí práce: **Ing. Petr Hořejší, Ph.D.**

Akademický rok 2015/2016

## **Prohlášení o autorství**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr bakalářského studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

**V Plzni dne:** .....

.....

**podpis autora**

## ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Štilip	Jméno Ondřej		
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	B2301 Strojní inženýrství, Průmyslové inženýrství a management			
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Ing. Hořejší, Ph.D.		Jméno Petr	
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU - FST - KPV			
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	<b>Nehodící se škrtněte</b>	
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Systém pro zaskladňování pomocí rozšířené reality			

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KPV	<b>ROK ODEVZD.</b>	2016
----------------	---------	----------------	-----	------------------------	------

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	45	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	30	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	15
---------------	----	---------------------	----	--------------------------	----

<p style="text-align: center;"><b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b></p> <p><b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b></p>	<p>Cílem této bakalářské práce je představení a popis rozšířené reality, jejího potenciálu v průmyslovém inženýrství a především ukázka možnosti jejího využití ve skladovém hospodářství. Výsledkem je systém pro navigaci ve skladu pomocí rozšířené reality, který vybere vhodnou cestu k cílovému stanovišti.</p>
<p style="text-align: center;"><b>KLÍČOVÁ SLOVA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b></p>	<p style="text-align: center;">rozšířená realita, sklad, algoritmy pro hledání cesty, systém pro zaskladňování</p>

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Štilip	Name Ondřej	
<b>FIELD OF STUDY</b>	B2301 Mechanical Engineering, Industrial Engineering and Management		
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Hořejší, Ph.D.	Name Petr	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KPV		
<b>TYPE OF WORK</b>	<del>DIPLOMA</del>	<b>BACHELOR</b>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Augmented reality system for warehouse storing		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Industrial Engineering and Management	<b>SUBMITTED IN</b>	2016
----------------	------------------------	-------------------	---------------------------------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	45	<b>TEXT PART</b>	30	<b>GRAPHICAL PART</b>	15
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

<b>BRIEF DESCRIPTION</b>  <b>TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	The scope of this bachelor thesis is to introduce the augmented reality and describe its potential in industrial engineering and especially in the warehouse management. The result of this work is a system for navigation in a warehouse using the augmented reality, which will help with choosing the proper way to the target position.
<b>KEY WORDS</b>	augmented reality, warehouse, pathfinding algorithms, warehouse storing system

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Petru Hořejšímu, Ph.D., za cenné připomínky a odborné rady při zpracovávání bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat mému kolegovi z FST Janu Šulcovi za pomoc při natáčení referenční ukázky. Zároveň bych chtěl tímto poděkovat mojí rodině a přítelkyni za trpělivost a podporu po dobu mého bakalářského studia a zejména mému bratrovi Jiřímu Štilipovi za pomoc při tvorbě projektu k bakalářské práci.

## Obsah

Seznam použitých zkratk a cizích výrazů.....	8
1 Úvod a cíle práce .....	9
2 Rozšířená realita .....	10
2.1 Pojem rozšířená realita .....	10
2.2 Fungování rozšířené reality .....	10
2.3 Čtyři základní úlohy rozšířené reality .....	11
2.4 Rozdíl mezi rozšířenou a virtuální realitou .....	12
2.5 Rozdělení na Marker AR a Markerless AR.....	12
2.5.1 Marker AR.....	12
2.5.2 Markerless AR.....	15
2.6 Spojení s hardwarem .....	16
2.6.1 Zařízení do ruky .....	16
2.6.2 Stacionární AR systémy .....	17
2.6.3 Prostorové AR systémy .....	17
2.6.4 Chytré brýle.....	18
2.6.5 Chytré čočky .....	18
3 Spojení AR a logistiky.....	19
3.1 Aplikace ve skladech a dopravě .....	19
3.2 Využití při doručování zásilek či poskytování VAS .....	21
4 Analyzované postupy .....	22
4.1 Použití nástrojů Unity3D a Metaio Creator .....	22
4.1.1 Unity 3D.....	23
4.1.2 Metaio Creator.....	24
4.2 Použití nástrojů Unity 3D a Vuforia.....	25
5 Cíle projektu .....	26
6 Datová a funkční analýza .....	27
6.1 Layout skladu .....	27
6.2 Datová struktura řídicí tabulky .....	29
6.3 Algoritmický návrh.....	30
6.3.1 Dijkstrův algoritmus.....	30
6.3.2 Algoritmus šíření vlny.....	31
6.3.3 Zhodnocení algoritmického návrhu .....	32
6.4 Vizualizační návrh.....	33
6.4.1 Obrazovka Start.....	33
6.4.2 Obrazovka Navigace .....	34
6.4.3 Obrazovka Cíl .....	34
6.5 Funkčnost systému .....	35
6.6 Propojení systému s databází artiklů .....	36
6.7 Spojení s hardwarem .....	37
7 Referenční ukázka .....	38
7.1 Aplikace Augment .....	38
7.2 Tvorba ukázky .....	40
7.2.1 Tvorba v Blender.....	40
7.2.2 Tvorba v Augment .....	41
7.2.3 Natáčení videa .....	42
8 Závěr.....	43
9 Citovaná literatura .....	44

## Seznam obrázků

Obr. 2.1 - AR na ulici [16] .....	10
Obr. 2.2 - 4 kroky AR [7] .....	11
Obr. 2.3 - Zobrazení AR [6] .....	12
Obr. 2.4 - Vývoj markerů [6] .....	13
Obr. 2.5 - Barcode .....	13
Obr. 2.6 - AR markery [6] .....	14
Obr. 2.7 - Přirozený marker [6] .....	14
Obr. 2.8 - Face marker [6] .....	15
Obr. 2.9 - Zařízení do ruky [20] .....	16
Obr. 2.10 - Stac. AR systém [7] .....	17
Obr. 2.11 - SAR Volkswagen [7] .....	17
Obr. 2.12 - Brýle Vuzix [7] .....	18
Obr. 2.13 - Chytrá čočka [7] .....	18
Obr. 4.1 - Ukázka SW Unity3D [17] .....	23
Obr. 4.2 - Ukázka SW Metaio Creator [12] .....	24
Obr. 4.3 – Vuforia [19] .....	25
Obr. 6.1 - Schéma skladu .....	28
Obr. 6.2 - Djikstrův algoritmus [14] .....	30
Obr. 6.3 - Vlna 1 [15] .....	31
Obr. 6.4 - Vlna 2 [15] .....	31
Obr. 6.6 - Vlna 3 a 4 [15] .....	31
Obr. 6.7 - Vlna 5 [15] .....	32
Obr. 6.8 - Obrazovka Start .....	33
Obr. 6.9 - Obrazovka Navigace .....	34
Obr. 6.10 - Obrazovka Cíl .....	34
Obr. 7.1 - AR židle na balkoně .....	38
Obr. 7.2 - AR Capitol na zahradě .....	39
Obr. 7.3 - Augment screen .....	39
Obr. 7.4 - Blender text .....	40
Obr. 7.5 - Augment web interface [21] .....	41
Obr. 7.6 - Foto marker .....	41
Obr. 7.7 - Pokyn na smartphone .....	42
Obr. 7.8 - Navigace po katedře .....	42

## Seznam tabulek

Tab. 6.1 - Řídící tabulka .....	29
Tab. 6.2 - Tabulka artiklů .....	36

## Seznam použitých zkratk a cizích výrazů

*AR* - augmented reality – rozšířená realita

*Browser* - prohlížeč

*Engine* - je počítačový termín, který znamená jádro počítačové hry, databázového stroje nebo programu

*FIFO* – first in, first out

*GPS* - global positioning system – systém určení polohy

*HW* - hardware

*LBS* - location-based service – systém určení polohy

*LED* - light-emitting diode

*Marker* - identifikační znak

*OS* - operační systém

*PC* - personal computer – osobní počítač

*POI* - points of interest

*SDK* - software development kit

*SW* - software

*Tag* - obecně značka

*Trackování* - orientace v prostoru a následný výpočet přesné pozice vložených digitálních prvků do reálného prostředí

*VAS* - value-added services



## 1 Úvod a cíle práce

Žijeme v době, která přeje moderním technologiím. Jsou všude kolem nás a často si to ani neuvědomujeme. Osobní počítač je dnes již chápán jako naprostá samozřejmost a fungovat by bez něj nemohla snad žádná existující firma. Běžně používanou pomůckou je téměř pro každého člověka. Nicméně osobní počítač (PC) dnes již není tak moderní technologií, jak by se mohlo zdát a bývá nečistka nahrazován menšími, lehčími a tudíž přenosnými „chytrými“ zařízeními. Nejčastěji využívanými typy těchto zařízení jsou smartphone a tablet, nabízející uživateli nepřehledné množství funkcí a aplikací usnadňujících každodenní život. Jejich hlavní výhodou je právě fakt, že se vejdu do kapsy, přitom ale zvládají téměř to samé, co několikakilogramový stolní PC a s mobilním připojením k internetu mohou zvládat i mnohem více.

S příchodem podobných zařízení se pojí i počátky užívání pojmu „rozšířená realita“, kterým se tato bakalářská práce zabývá. Tento pojem je představen, vysvětlen a následně zkoumán z hlediska jeho použití pro skladový systém.

Primárním cílem této práce je tedy tvorba systému zaskladňování s využitím rozšířené reality. Ta je použita jako vizualizační nástroj pro zobrazení navigačních šipek či pokynů v zorném poli uživatele. Je zde zpracována datová a funkční analýza dané problematiky včetně layoutu skladu, algoritmičtých i datových návrhů řešení, návrhu uživatelského rozhraní a propojení s dalšími skladovými systémy. Analyzovány jsou taktéž postupy, které se v průběhu vyvíjení systému ukázaly jako nevhodné, a postupy, které selhaly například kvůli zrušení volné přístupnosti licence používaného programu. V neposlední řadě je v této práci popsán postup při tvorbě referenční ukázky navigačního systému.

Sekundárním cílem této práce je představení rozšířené reality a vysvětlení základní problematiky týkající se jejího fungování a používání. Důraz je kladen na zkoumání potenciálu využití rozšířené reality v průmyslovém inženýrství, především ve skladovém hospodářství. Zde jsou analyzovány možnosti jejího použití nejen pro rychlejší a efektivnější navigaci pracovníků po skladu, ale i pro ostatní úkony s tím spojené.

## 2 Rozšířená realita

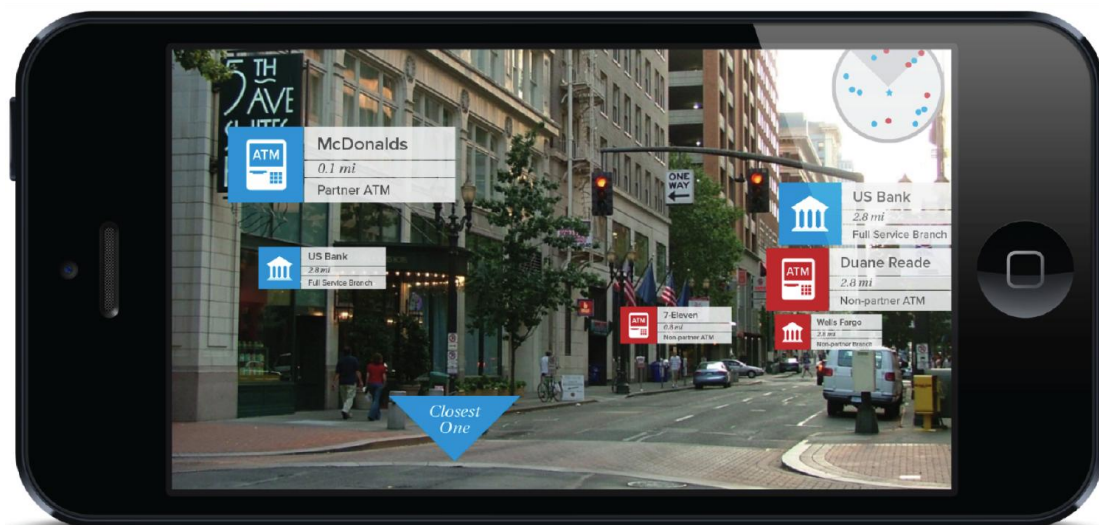
V této části práce jsou vysvětlena základní témata týkající se AR, jejího potenciálního využití v různých oblastech obchodu, průmyslu či vědy a její spojení s hardwarem (HW), bez kterého by tento pojem neměl žádný význam.

### 2.1 Pojem rozšířená realita

Rozšířená realita nebo také upravená realita je technologie, která pracuje se skutečnou realitou, s tou, kterou vidíme. Do této skutečné reality přidává v reálném čase digitální prvky a tím vytváří upravený obraz. Ten můžeme vidět skrze monitor, brýle, sklo apod. Tyto digitální prvky mohou být nejrůznějšího charakteru. Od různých obrázků a animací až po informace o předmětu, na který se díváme. Rozšířenou realitu většinou vidíme přes displej mobilního telefonu, obrazovky počítače nebo pomocí speciálních brýlí. Ty nám zobrazují to, co můžeme vidět my sami bez přístroje a navíc k tomuto obrazu přidávají určité digitální informace – texty, 3D objekty, videa apod. AR se používá se v nejrůznějších oborech jako je například architektura, astronomie, reklama, nakupování, vzdělávání, herní průmysl nebo umění. Typickou aplikací je průvodce městem, který nad budovami zobrazuje popisky s informacemi o dané budově (viz obrázek 2.1 níže). [1] [2]

### 2.2 Fungování rozšířené reality

Velice jednoduchým příkladem může být vyfotografování budovy mobilním telefonem a následně přidání digitálních prvků, které doplní například text, 2D či 3D objekty, dokonce i animované obrázky, filmové klipy či zvuky. Výhodou je další propojení přes rozšířenou realitu na webové stránky, prezentace, e-shopy či html widgety. Co je pro uživatele jedinečné, je skutečnost, že se vše děje v reálném čase a za použití pouze vlastního „chytrého“ telefonu či tabletu. Stačí nainstalovat potřebnou aplikaci a poté jednoduše spustit a namířit na obrázek s ikonkou markeru (specifického obrázkového kódu). Další velice oblíbenou funkcí, která se využívá v případě snímání kamerou chytrého telefonu, je využití například GPS navigace, digitálního kompasu a připojení k internetu. Aplikace již dokáže rozeznat, kde se uživatel s telefonem nachází a na co se přes kameru telefonu dívá. Na základě toho lze pomocí rozšířené reality doplnit do obrazu celou řadu informací, které jsou umístěné v databázi, kterou aplikace prohledává online přes internet. [3] [4]



Obr. 2.1 - AR na ulici [16]

## 2.3 Čtyři základní úlohy rozšířené reality

Rozšířená realita je ale více než jen zobrazovací technologie. Představuje nový typ přirozeného uživatelského rozhraní pro interakci mezi člověkem, elektronickými zařízeními a objekty v reálném čase. Skládá se ze čtyř základních a oddělených kroků:

- **Snímání scény** - realita, která má být rozšířena o nové objekty, se nejprve snímá zařízením zachycujícím video, např. kamerou.
- **Identifikace scény** - scéna se skenuje pro identifikaci přesné polohy objektů a pozice, kam má být zasazen virtuální obsah. Tato pozice může být identifikována jak pomocí značek (vizuálních tagů neboli markerů), tak pomocí sledovacích technologií, např. GPS, snímačů, laseru apod.
- **Zpracování scény** - když je scéna jasně rozpoznána a identifikována, je vyžádán virtuální obsah, např. z internetu nebo nějaké databáze.
- **Vizualizace scény** - nakonec systém vytvoří smíchaný obraz reálného prostoru a virtuálního obsahu. [5]



Obr. 2.2 - 4 kroky AR [7]

## 2.4 Rozdíl mezi rozšířenou a virtuální realitou

Z výše uvedeného seznamu úloh je zřejmý rozdíl mezi rozšířenou realitou a virtuální realitou. Virtuální realita je trojrozměrný prostor kompletně vytvořený pomocí počítače, který je zobrazen pomocí speciálních obrazovek nebo stereoskopických displejů. Naproti tomu rozšířená realita kombinuje realitu s virtuálními prvky. Uživatelé či pozorovatelé jsou neustále schopni vnímat reálný svět okolo nich, což není možné, pokud jsou ponořeni do virtuální reality. [5]

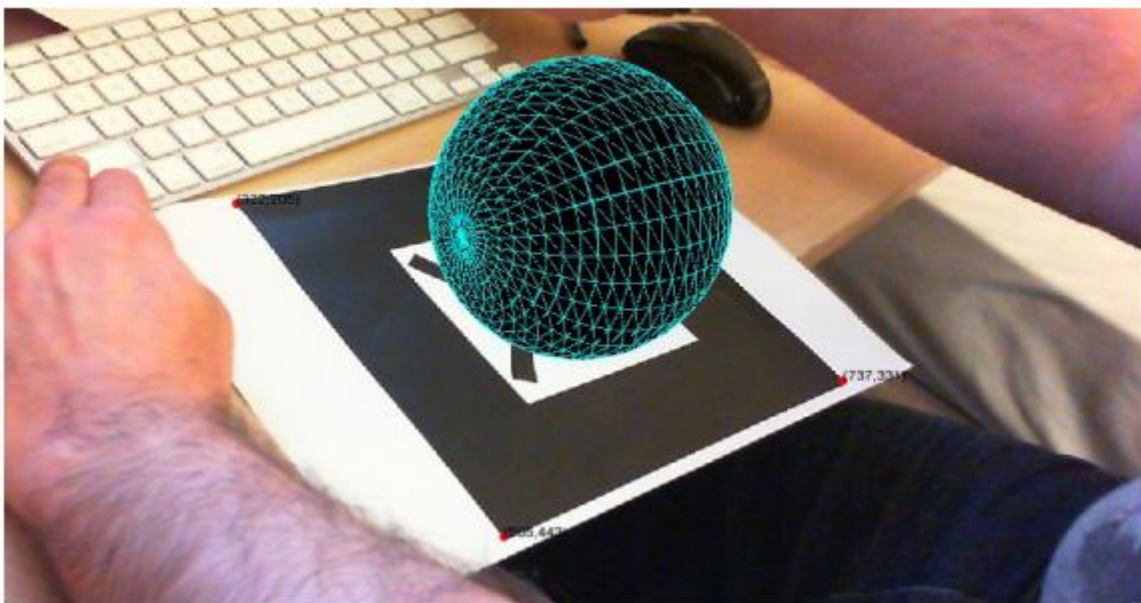
## 2.5 Rozdělení na Marker AR a Markerless AR

Toto rozdělení je považováno za nejzákladnější a z hlediska dalšího vývoje mé práce je pojem „marker“ a právě Marker AR zcela zásadní. Černobílé tištěné AR markery budou v dále popisovaném navigačním skladovém systému používány pro jejich přesnost a nezaměnitelnost. Měly by sloužit jako základní nosič informace o přesné poloze v prostoru a následném zobrazení navigační šipky. Markerless AR by v našem případě nemohla fungovat, protože signál GPS v budovách je velice slabý a tudíž nepřesný.

Každý uživatel se může setkat s oběma typy. Jde o rozdělení podle technologie „trackování“, neboli podle způsobu, jakým se zařízení orientuje v prostoru. Tato orientace funguje buď podle tzv. markerů či podle GPS souřadnic. [1]

### 2.5.1 Marker AR

Tento typ AR je považovaný za skutečnou AR, protože „trackuje“ objekty v reálném světě. Marker je značka, obrázek nebo reálný bod, který zařízení snímá pomocí fotoaparátu nebo kamery. Software dotýčný marker rozpozná a přesně vypočítá správnou pozici i orientaci počítačem generovaného virtuálního prvku, zpravidla 3D objektu, který dosadí relativně k poloze markeru v prostoru. Na displeji zařízení tak vidíme kromě markeru i virtuální objekt, který může být i interaktivní. Zařízení se dokáže v prostoru orientovat natolik, že objekt lze pozorovat ze všech stran. Navíc dokáže určovat přibližnou vzdálenost od markeru a podle toho měnit velikost pozorovaného 3D objektu. [6]

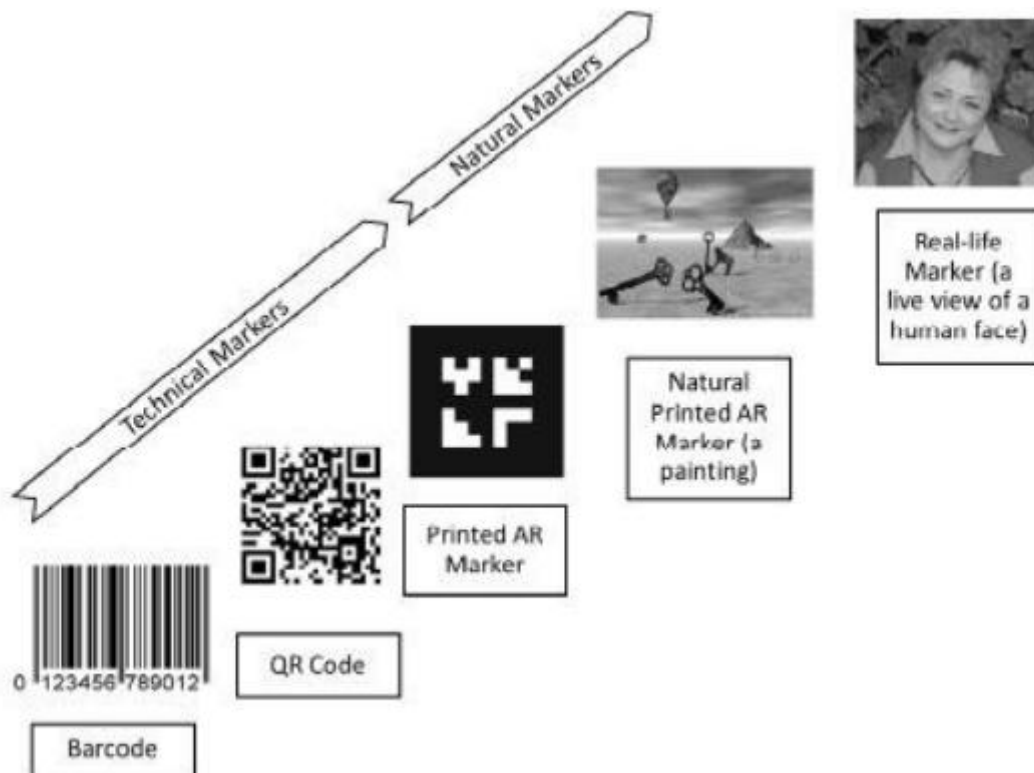


Obr. 2.3 - Zobrazení AR [6]

Typický příklad Marker AR můžeme vidět na obrázku č. 2.3, kde místo markeru vidíme kouli. Marker AR bývá často využívána pro komerční účely. Je totiž velice snadno dostupná a stává se tak atraktivní pro tvůrce i pro uživatele. Marker může být vytištěn například na vstupence nebo kartičce odkazující na film.

Za předchůdce celého Marker AR můžeme považovat čárové kódy či dnes hojně využívané QR kódy. Určitým způsobem jsou stejně jako AR spojeny s odkazováním (hyperlinkem). Po přečtení QR kódu vhodným zařízením se nám zobrazí například internetová stránka. Také můžeme vidět paralelu s počítačovým vyhledáváním textu, což je považováno za předchůdce zmíněných kódů. [6]

Na obrázku 2.4 lze vidět, co vše může být použito jako marker. Následuje stručné představení jednotlivých typů:



Obr. 2.4 - Vývoj markerů [6]

- Čárové kódy (Barcodes) a QR kódy (QR codes), které jsou historicky prvními markery a setkáváme se s nimi denně.



Obr. 2.5 - Barcode



- *Černobíle tištěné markery* (Printed AR marker), které jsou nejčastěji používané. Jedná se o lehce rozpoznatelný i snadno generovatelný obrázek. Zařízení s tímto typem markeru pracuje nejpřesněji, jelikož má marker pevně dané okraje a je díky tomu lépe rozpoznatelný (obrázek č. 2.6).



Obr. 2.6 - AR markery [6]

- *Přirozené tištěné markery* (Natural Printed AR Marker), což je klasický obrázek. Může se už jednat o marker, který pochází z reálného fyzického světa, což je oproti předešlému markeru krok vpřed. (obrázek č. 2.7)



Obr. 2.7 - Přirozený marker [6]

### 2.5.2 Markerless AR

Jak anglický název napovídá, jde o typ AR, který nevyužívá markery pro trackování objektů. Toto trackování se děje pomocí geolokačního systému (LBS). Ten funguje pomocí GPS, gyroskopu a elektronického kompasu. Zařízení tak může vypočítat svoji přesnou polohu i pozici, kde právě zařízení snímá prostředí (kam je hledáček kamery natočený). Takto přesné určení polohy umožňuje implementovat virtuální složku do reálného prostředí bez jakéhokoli markeru. To je jistě nesporným argumentem v porovnávání těchto typů AR. Markerless AR se v poslední době velice rozšířilo díky aplikacím, na kterých fungují. Jsou to tzv. browsery, aplikace pro smartphony, které pracují na základě vrstev. Tvůrce (což může být kdokoli) vytvoří vrstvu, kterou si uživatel jednoduše stáhne a přes browser ji zobrazí v reálném světě. Oproti marker AR, kde se zobrazují 3D objekty, se u markerless AR zobrazují většinou POI (Point Of Interests) neboli body zájmu. To jsou body (místa), které mohou být pro uživatele atraktivní a užitečné. Tyto vrstvy tedy většinou obsahují souřadnice jednotlivých bodů, o nichž mají určité informace a ty doplní do reality. Proto bývá tento typ AR nejčastěji používán jako průvodce městem nebo vyhledávač např. restaurací v okolí. K zobrazování 3D objektů, videí a obrázků dochází i u tohoto typu AR. Browserů je v dnešní době v internetových obchodech pro mobilní aplikace (Google Play, Apple Store, MarketPlace atd.) mnoho. V roce 2011 bylo na těchto obchodech asi 300 browserů a měsíčně bylo přidáno přibližně dalších 20. Ty nejznámější, nejstahovanější a díky velké podpoře uživatelů (tím pádem mnoho POI, které uživatelé sami přidávají) i prakticky využitelné jsou tři: Layar, Wikitude a Junao. [6]

Do této kategorie může spadat také rozpoznávání reálných objektů (obličeje, budovy apod.), ačkoli se jedná o sporné zařazení. Neboť je otázkou, zda je reálný objekt markerem či nikoli.

- *Reálný marker* (Real-life Marker). Tento typ markeru zaměřuje již reálné fyzické objekty, což je opět výrazné zlepšení. Objekt musí být vždy předem zaznamenaný, aby jej zařízení mohlo použít. To je největším problémem Marker AR, protože u objektů, které se například pohybují (obličej) je problém snímat vždy objekt stejně. U budov tento problém představuje úhel pohledu při pořizování fotografie.



Obr. 2.8 - Face marker [6]

## 2.6 Spojení s hardwarem

### 2.6.1 Zařízení do ruky

V dnešní době jsou smartphony a tablety jistě nejpoužívanější zařízení pro AR. AR právě jim vděčí za komercializaci a tím pádem i rychlý vývoj celého oboru. Rozdíl mezi smartphonem a tabletem je implicitně dán velikostí úhlopříčky. Dalším dělicím faktem je možnost telefonování, která u tabletů není běžná. Jiné rozdíly neexistují a ty zmíněné nemají na funkci AR vliv. Smartphony/tablety disponují kamerou, GPS přijímačem, gyroskopem, elektronickým kompasem, internetovým připojením a operačním systémem. Jsou levné, dostupné, mají velký komerční potenciál a dají se snadno přesouvat. Jsou tak velice vhodným zařízením pro využití v oboru AR. Fungují na operačních systémech (Android, iOS, Windows Phone 7, Bada atd.), které mají své obchody s aplikacemi (Google Play, Apple Store, Market Place, Samsung Apps atd.). Tyto obchody umožňují uživateli stáhnout aplikaci, která umí s AR pracovat. Vzhledem k velkému počtu aplikací v těchto obchodech je i velký počet právě aplikací AR. Většinou se jedná o jednoduché aplikace s marker AR, které slouží ke komerčním účelům nebo jednoduché hry. Nejvyužívanějšími aplikacemi jsou již dříve zmíněné browsery. [6]



Obr. 2.9 - Zařízení do ruky [20]



### 2.6.2 Stacionární AR systémy

Stacionární AR systémy jsou vhodné pro použití, kdy je potřeba většího displeje s velkým rozlišením a jeho umístění je neměnné. Na rozdíl od přístrojů do ruky zde není kladen důraz na malou hmotnost, tudíž mohou být tyto systémy vybaveny daleko vyspělejšími kamerovými systémy s možností přesnějšího rozpoznání daných scén, objektů či lidí. Navíc díky kvalitnějším displejům zobrazí uživateli mnohem realističtější projekci, která není tolik ovlivněna nepříznivými vlivy prostředí, jako jsou sluneční svit či odrazy světla. Nejčastěji jsou tyto systémy využívány například pro zkoušení oblečení v obchodech. [7]



Obr. 2.10 - Stac. AR systém [7]

### 2.6.3 Prostorové AR systémy

Na rozdíl od všech ostatních systémů nabízí tyto systémy možnost promítat rozšířenou realitu přímo na povrch reálného světa. V interaktivní displej může být přeměněno cokoli od zdi či desek až po samotné lidské tělo. S vývojem dnešních 2D či dokonce 3D projektorů a jejich následnou snižující se velikostí, hmotností, cenou a energetickou spotřebou se objevují zcela nové možnosti zobrazování a využití rozšířené reality. Díky promítání přímo na povrch předmětů či osob je možné si mnohem lépe představit proporce a velikosti. Další výhodou je pak fakt, že projekci může sledovat několik osob najednou. [7]



Obr. 2.11 - SAR Volkswagen [7]

#### 2.6.4 Chytré brýle

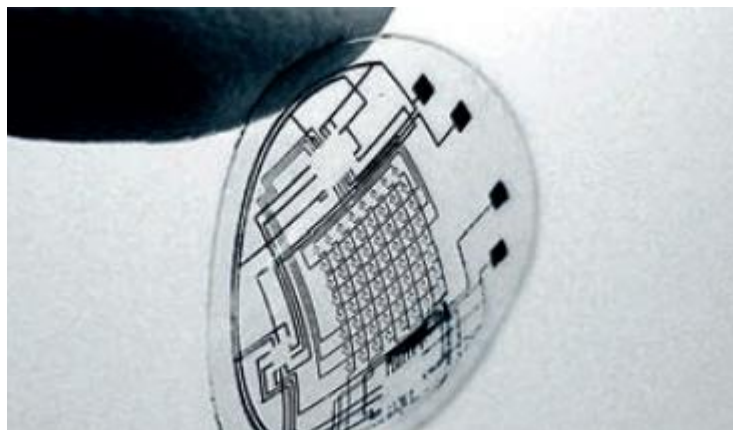
Mnoho firem z oblasti průmyslu spotřební elektroniky očekává, že po boomu smartphonů budou právě chytré brýle mezi uživateli nadcházejícím globálním hitem. Toto zařízení pro zobrazení rozšířené reality jsou v podstatě běžné brýle vybavené jednou či více obrazovkami, kamerou a mikrofonom. Výsledkem je zachycení vidění reálného světa a jeho následné doplnění prvky AR, které se poté zobrazí v zorném poli uživatele. Tyto brýle jsou osazeny 3D hloubkovými senzory, které dovolují uživateli fyzicky ovládat zobrazený virtuální obsah. Nejznámějšími příklady této technologie jsou Google Glass a Vuzix M100, ačkoli s vývojem citelně pokročili i tvůrci brýlí Ather One. [7]



Obr. 2.12 - Brýle Vuzix [7]

#### 2.6.5 Chytré čočky

A brýlemi to rozhodně nekončí. V současné době korporace jako Microsoft a Google intenzivně pracují na vývoji chytrých čoček, které by zvládly obdobné funkce, avšak vše potřebné by bylo umístěno přímo na povrchu oka. Cílem je přeměnit kontaktní čočky ve funkční systém přidáním ovládacích a komunikačních obvodů, miniaturních antén, LED diod a dalších elektronických součástí, přičemž displej by byl tvořen velkým množstvím diod umístěných přímo před povrch oka. V cestě této myšlenky stojí ale stále spousta překážek, například systém napájení čočky či ochrana lidského oka před poškozením. [7]



Obr. 2.13 - Chytrá čočka [7]

### 3 Spojení AR a logistiky

Obecně ve strojírenství se tato technologie používá jen zřídka, nicméně zaměříme se na logistiku, kde má AR velký potenciál. Tomuto tématu se intenzivně věnovala společnost DHL v roce 2014[7]. Vydala novou studii o využití tzv. rozšířené reality v logistice. Zaměřuje se na možné aplikace tohoto nově vznikajícího trendu v různých částech dodavatelského řetězce. Zpráva o trendech ilustruje možnosti optimalizace provozu skladů, přepravy, maloobchodní distribuce zboží nebo služeb s přidanou hodnotou pomocí digitálních obrazových dat, jimiž lze rozšířit reálný obraz skutečnosti. Zprávu připravil tým pro výzkum trendů divize DHL Customer Solutions & Innovation. Firma plánuje ověřit závěry koncepčních studií praktickými testy.

Součástí této studie bylo i video od firem SAP a Vuzix se záběry z poloautomatického manipulačního skladového vozíku, který byl řízen skladníkem vybaveným chytrými brýlemi. Díky nim byl navigován v uličkách skladu, upozorňován na hrozící nebezpečí srážky s jiným vozíkem, byly mu zobrazovány jednotlivé předměty k vyzvednutí nebo také naváděn technikem při opravě porouchaného vozíku (viz obrázky 3.1 a 3.2 níže). Toto video [8] bylo důležitou inspirací při výběru tématu bakalářské práce.

#### 3.1 Aplikace ve skladech a dopravě

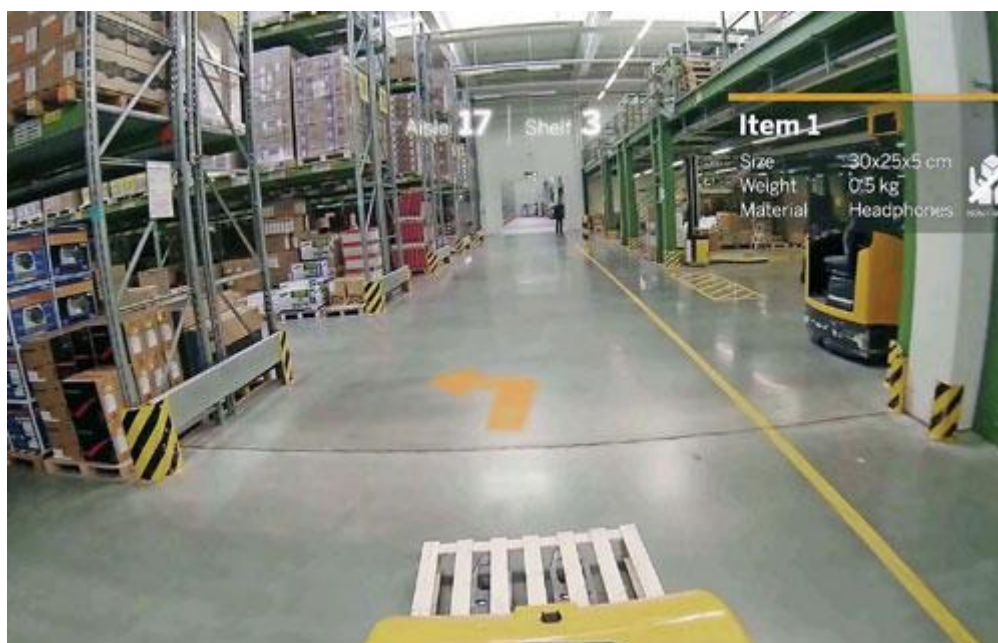
Ačkoliv je rozšířená realita teprve v raném stadiu vývoje, DHL předpokládá její využití v mnoha oblastech logistiky.

Například ve skladových operacích se nabízí využití rozšířené reality pro optimalizaci vychystávání. Software umožňuje nejen rozpoznávání objektů v reálném čase, ale i čtení čárových kódů, navigaci uvnitř skladů a integraci informací se systémem řízení skladu. Vision picking navíc vychystávačům uvolňuje obě ruce. Podobný systém lze využít rovněž pro trénink nových pracovníků. Rozšířená realita může být využita také při plánování layoutu skladu, kdy umožňuje zobrazit virtuální úpravy v reálném prostředí a vytvářet simulace skladových procesů ve smíšeném prostředí reality s virtuálními prvky.

Zajímavé příležitosti pro optimalizaci procesů přináší rozšířená realita také v oblasti dopravy. Jednoduše by tak bylo možné kontrolovat např. kompletnost nákladu. Místo zdoluhavého počítání krabic či skenování čárových kódů by stačil jeden letmý pohled na naložený náklad. S kombinací skenerů, 3D senzorů a výpočtem rozměrů a objemu zásilek systém dokáže rozpoznat skutečný náklad, porovnat ho s dodacími listy a výsledek okamžitě zobrazit uživateli. Podobně by systém mohl identifikovat zboží podléhající regulacím při exportu či importu a automaticky vyhledat potřebné dokumenty, přiřadit klasifikaci komodit či přeložit označení zboží, obchodní podmínky apod.

Rozšířená realita může výrazně pomoci řidičům zobrazením aktuálních dat o provozu, vozidle či trase v reálném čase v jejich zorném poli, ať už pomocí brýlí nebo v projekci na čelním skle.

Další možností je využití rozšířené reality při nakládce a vykládce vozidel, která je často úzkým místem v dopravním řetězci. Namísto papírového nákladního listu by řidič dostal informace o nákladu a plán nakládky pomocí zařízení pracujícího s rozšířenou realitou a okamžitě by tak věděl, kam do vozidla naložit konkrétní paletu či zásilku. Instrukce pro nakládání lze zobrazit např. pomocí navigační šipky (podobně jako ve skladu). [5]



Obr. 3.1 - Navigace ve skladu [5]



Obr. 3.2 - Komunikace s technikem při opravě [5]

### 3.2 Využití při doručování zásilek či poskytování VAS

Tzv. poslední míle při doručování zásilek s rozvojem e-commerce (pojem používaný k označení veškerých obchodních transakcí realizovaných za pomoci internetu a dalších elektronických prostředků) nabývá neustále na významu a i zde může rozšířená realita přispět k optimalizaci procesů. Řidiči rozvozových vozidel tráví významnou část pracovní doby hledáním zásilek ve vozidle. Se zařízením využívajícím rozšířené reality (brýle pro AR) by řidič již při nakládce "naskenoval" každou zásilku a okamžitě obdržel informace, na jaké místo ve vozidle je nejvhodnější zásilku uložit. Toto konkrétní místo by bylo zobrazeno přímo v jeho zorném poli pomocí brýlí pro AR. Systém přitom bere v úvahu obsah, rozměry a hmotnost zásilky a také optimální trasu rozvozu. S pomocí zařízení by řidič mohl také otvírat a zavírat dveře nákladového prostoru, čímž by nemusel odkládat zásilku, a riskovat tak její poškození. Systém následně může dovést řidiče až na místo předání, navigovat ho dokonce i v budovách, složité městské zástavbě apod. Na těchto místech totiž GPS navigace obvykle ztrácí signál.

Kromě toho lze systém využít při předávání zásilky k rozpoznání obličeje adresáta, což významně zvýší bezpečnost dodání a vyloučí záměnu při identifikaci. To by se dalo využít při doručování např. velmi drahých zásilek.

Další perspektivní oblastí je poskytování logistických služeb s vysokou přidanou hodnotou, tzv. value-added services (VAS). V současnosti je pro poskytování této úrovně servisu třeba perfektně vyškolených pracovníků. Např. společnost DHL dodává firmě Audi smontované dveřní panely, jejichž součástí vyzvedává u subdodavatelů, a její pracovníci je pak montují dohromady. S využitím rozšířené reality by bylo možné podobné úkoly svěřit i méně vyškoleným pracovníkům. Ti by se mohli spolehnout na interaktivní podporu, která by je při montáži naváděla krok za krokem. Pracovníci by tímto způsobem mohli zvládat mnohem širší spektrum úkonů. Systém by zároveň mohl automaticky detekovat chyby při montáži a hlídat kvalitu práce.

Podobné možnosti se nabízejí i servisním pracovníkům. Ti by byli vybaveni "chytrými" brýlemi pro AR, které promítají pokyny pro jednotlivé pracovní úkony. S využitím podrobných vizuálních návodů či s pomocí operátorů-specialistů by tak mohli zkrátit dobu údržby a oprav. [5]

## 4 Analyzované postupy

V průběhu praktické části bakalářské práce bylo analyzováno několik postupů pro tvorbu rozšířené reality, které by bylo možné následně použít pro vytvoření systému zaskladňování pomocí rozšířené reality. Bylo potřeba vybrat zejména ty programy, které umožňovaly následné propojení s vývojovým prostředím pro další programování. Jako vhodné prostředí byl vybrán software Unity 3D pro jeho univerzálnost a kompatibilitu.

### 4.1 Použití nástrojů Unity3D a Metaio Creator

V průběhu praktické části bakalářské práce byla analyzována možnost využití programu Metaio Creator ve spojení s Unity 3D pro tvorbu rozšířené reality. Tento postup se zdál být velice slibný a umožňoval rychle a kvalitně vytvářet potřebné scény v kombinaci s velmi dobře rozeznatelnými markery typu 4x4 černobílé barvy. Program Metaio Creator umožňuje na tento druh markeru jednoznačně přiřadit prvky rozšířené reality za použití názorného grafického 3D editoru. Je zde možnost vložení obrázků, videí, odkazů, objektů, tlačítek a textu. K analýze byl systém vybrán zejména pro možnost vkládání navigačních šipek a pokynů na černobílé markery.

S pomocí prostředí Metaio SDK je následně možné výsledný obraz rozšířené reality importovat do prostředí engine Unity 3D a dále s ním pracovat. To znamená zejména programové úpravy nutné pro definování navigačního systému a také možnost exportu projektu pro širokou škálu platforem.

Tento postup byl vyzkoušen a bylo v něm vytvořeno několik různých scén s navigačními pokyny včetně šipek, textu i hlasových příkazů. Pomocí webkamery byly načteny jednotlivé markery, které program dokázal bez problémů rozlišit a zobrazit tak správně předem nadefinované scény s pokyny.

Při následném pokusu o export vytvořených scén do programu Metaio SDK a následně do engine Unity 3D bylo však zjištěno, že software již tuto funkci nepodporuje. Stejně tak funkce uložení do cloudového úložiště a následného zobrazení pomocí aplikace Metaio Juniao pro chytrá zařízení nebo vytvoření jednoduché samostatné aplikace pro systém Android s příponou .apk.

Při hledání příčiny problému bylo zjištěno, že společnost Metaio byla odkoupena společností Apple a ta veřejné využívání jejích služeb již dále nepodporuje.

Vzhledem k tomu, že technické řešení výstupů z bakalářské práce proběhne v programu Unity 3D, bude dále tento produkt popsán (stejně jako software Metaio Creator).

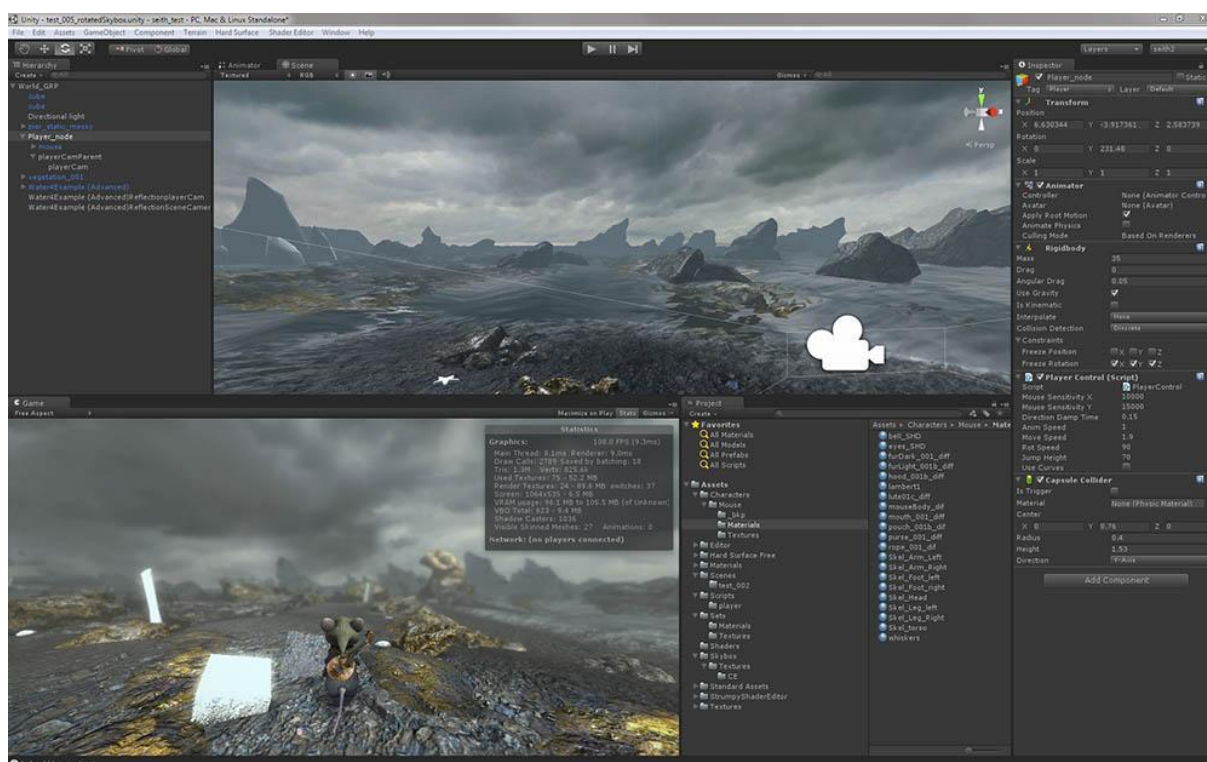


### 4.1.1 Unity 3D

Software Unity3D může mít více definic. Z jednoduchého hlediska se dá hovořit o počítačovém programu, který jak již název napovídá, sjednocuje více prvků v jeden. Vývojář má zpočátku více vstupů – modely, texturey, blokové schéma hry, ale hlavně myšlenku. Do programu se vkládají tyto jednotlivé prvky a pomocí programování v jazycích JavaScript, C# nebo méně používaném Boo se modelům přidá dynamika a vlastnosti. Cílem tohoto softwaru je tedy tvorba 2D či 3D jednoduchých i složitějších her, interaktivních aplikací pro operační systém, web, konzole nebo mobilní zařízení.[9]

První verze vznikla v roce 2005 z verze, která byla podporována pouze systémem OS X. Unity je nyní multiplatformní aplikace, z tohoto důvodu mohou software používat uživatelé operačních systémů Windows, Linux nebo MAC OS. Program Unity má vývojové prostředí pro programátory zaměřené na programování v již zmíněném JavaScriptu, C# a Boo. Vývojové prostředí v Unity se nazývá Assembly - UnityScript Editor a vývojáři nabízí barevně rozlišitelné části kódu, kompilaci a chybové hlášky, což usnadňuje mnoho práce při vývoji a programování.

Program Unity podporuje vývoj na většině platformách. Vývojáři v tomto programu mají plnou kontrolu nad vývojem pro desktopové stolní počítače, webové prohlížeče, mobilní zařízení a v poslední řadě herní konzole. Unity dále umožňuje optimalizaci textur jednotlivých 3D modelů a rozlišení tak, aby byly plně podporovány právě většinou běžných či herních zařízení. [10] [11]

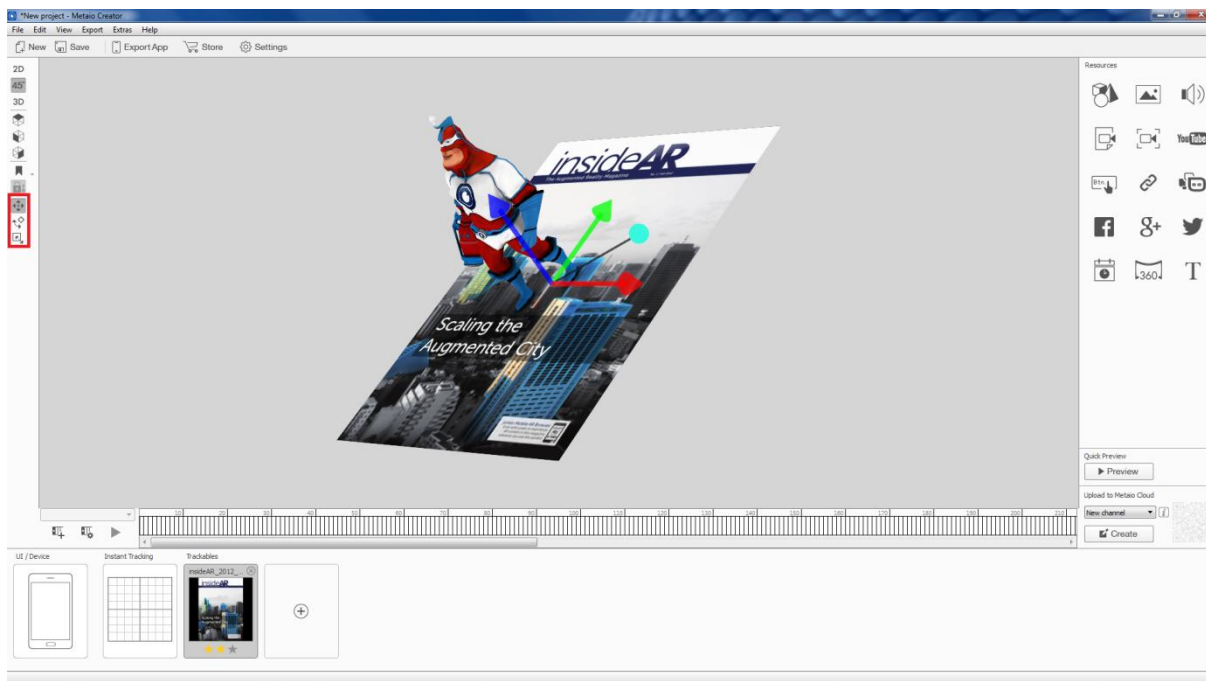


Obr. 4.1 - Ukázka SW Unity3D [17]

#### 4.1.2 Metaio Creator

Editor, nazvaný Metaio Creator, je produkt německé firmy Metaio, která již několik let platí za jednoho z předních celosvětových leaderů v oblasti rozšířené reality. Firma Metaio, kromě knihoven pro podporu rozšířené reality na rozličných operačních systémech, ať už těch mobilních (Android, iOS), tak i těch desktopových (Windows, Mac OS X), je autorem mnoha doplňkových služeb, které jakkoliv s rozšířenou realitou souvisí (Metaio Cloud pro snazší distribuci nových markerů a modelů, skriptovací jazyk AREL pro možnost vývoje AR aplikací v HTML5, Metaio Toolbox pro pokročilejší aplikaci rozšířené reality jako je například markerless AR a další). Metaio dále také každoročně pořádá evropskou největší konferenci o rozšířené realitě s názvem insideAR. Možná proto je její produkt Metaio Creator považován za jeden z nejlepších a nejpropracovanějších nástrojů pro snadnou tvorbu AR aplikací. [12]

Produkt Metaio Creator je editor pro vytváření programů využívajících rozšířenou realitu, který je dostupný pro operační systémy Windows a Mac OS X. Editor umí vytvářet zdrojový kód nativní aplikace pro současné mobilní systémy Android a iOS, pro úspěšný překlad kódu je ale nutné zakoupit licenci pro Metaio SDK a mít další znalosti vývoje pro danou mobilní platformu. Creator dále umožňuje generovat i desktopové aplikace pro OS Windows a Mac OS X, nebo vrstvy do mobilního AR browseru Junaio, jehož autorem je taktéž firma Metaio. Editor umí lokálně vytvářet 2D markery z libovolného obrázku a dále podporuje import 3D markerů a map z programu Metaio Toolbox. Creator zvládá definovat několik markerů současně a dovoluje na marker umístit 3D modely ve formátech \*.fbx\*.dae \*.obj \*.md2, fotografie, videa, zvuky a různá tlačítka s přednastavenými akcemi, jako je sdílení na sociálních sítích, otevření webové stránky, vložení události do kalendáře atd. [13]



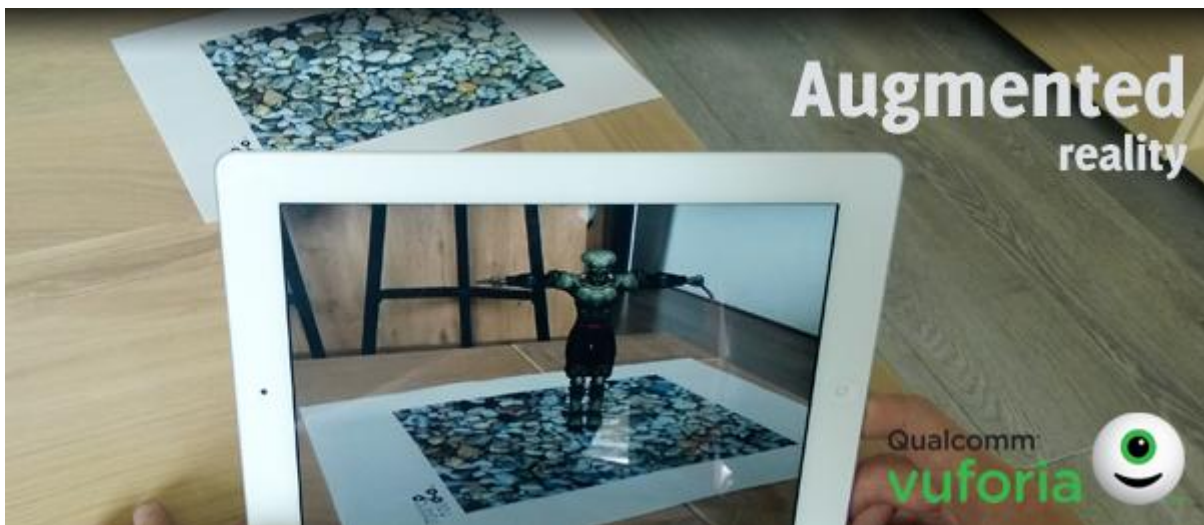
Obr. 4.2 - Ukázka SW Metaio Creator [12]



## 4.2 Použití nástrojů Unity 3D a Vuforia

Byla analyzována možnost propojení nástrojů Unity 3D a Vuforia pomocí balíčku SDK (Software Development Kit) neboli paketu pro vývoj software. Tento balíček byl podle návodu na portálu Vuforia importován do enginu Unity 3D a po následné registraci na stránkách výrobce, vyžádání licence a vložení licenčního kódu byl i spuštěn. Objevily se ovšem problémy s jeho kompatibilitou s běžnými webkamerami, které software bohužel špatně rozpoznával. Další jeho nevýhodou je jeho nekompatibilita s 64bitovou verzí enginu Unity 3D. Tato okolnost zabraňuje nástroji jeho využití na některých operačních systémech nepodporujících 32bitovou verzi programu Unity.

Software Vuforia je platforma pro vytváření aplikací s rozšířenou realitou, kterou v současnosti vlastní společnost PTC zabývající se mnoha technologickými odvětvími včetně vytváření nástrojů pro návrhy a výrobu ve strojírenství. Jedná se o nástroj pro jednoduchou tvorbu rozšířené reality ve spojení s dalším programem – v tomto případě nejčastěji prostřednictvím enginem Unity 3D. Vuforia je též kompatibilní s programovacími jazyky C++, Java, Objective-C a .Net. S pomocí těchto programovacích jazyků dokáže vytvářet aplikace pro systémy Android, iOS ale také chytré brýle apod., přičemž je možné do obrazu reálného prostředí vkládat obrázky, videa, zvláštní efekty či tlačítka.



Obr. 4.3 – Vuforia [19]

## 5 Cíle projektu

Cílem projektu k této bakalářské práci je tvorba zadání programátorovi pro systém zaskladňování s využitím rozšířené reality. Ta je použita jako vizualizační nástroj pro zobrazení navigačních šipek či pokynů v zorném poli uživatele.

Fungování rozšířené reality bylo již popsáno, taktéž její potenciál a metody pro její zobrazení. Byl vybrán vhodný typ markeru (typ 4x4 černobílý), který má díky přesným okrajům výbornou rozpoznatelnost pomocí všech typů zařízení. Také byly analyzovány postupy, které se v průběhu vyvíjení systému ukázaly jako nevhodné a postupy, které selhaly například kvůli zrušení volné přístupnosti licence používaného programu.

Dále bude v tomto projektu zpracována datová a funkční analýza dané problematiky včetně layoutu skladu, algoritmických i datových návrhů řešení, návrhu uživatelského rozhraní, spojení s hardware a propojení s dalšími skladovými systémy. V neposlední řadě zde bude popsán postup při tvorbě referenční ukázky navigačního systému.

### Požadavky na systém:

- systém vyhodnocuje zadaný artikl
- dle zadaného artiklu je nalezena skladovací pozice
- systém musí umožnit nalézt jakoukoliv/optimální cestu
- systém musí mít uživatelsky přívětivý interface
- vizualizace nalezení cesty je realizována pomocí šipek či navigačních pokynů
- systém zobrazuje přibližnou polohu artiklu na stanovišti
- aplikace je primárně určena pro mobilní zařízení
- možnost propojení s brýlemi pro AR

## 6 Datová a funkční analýza

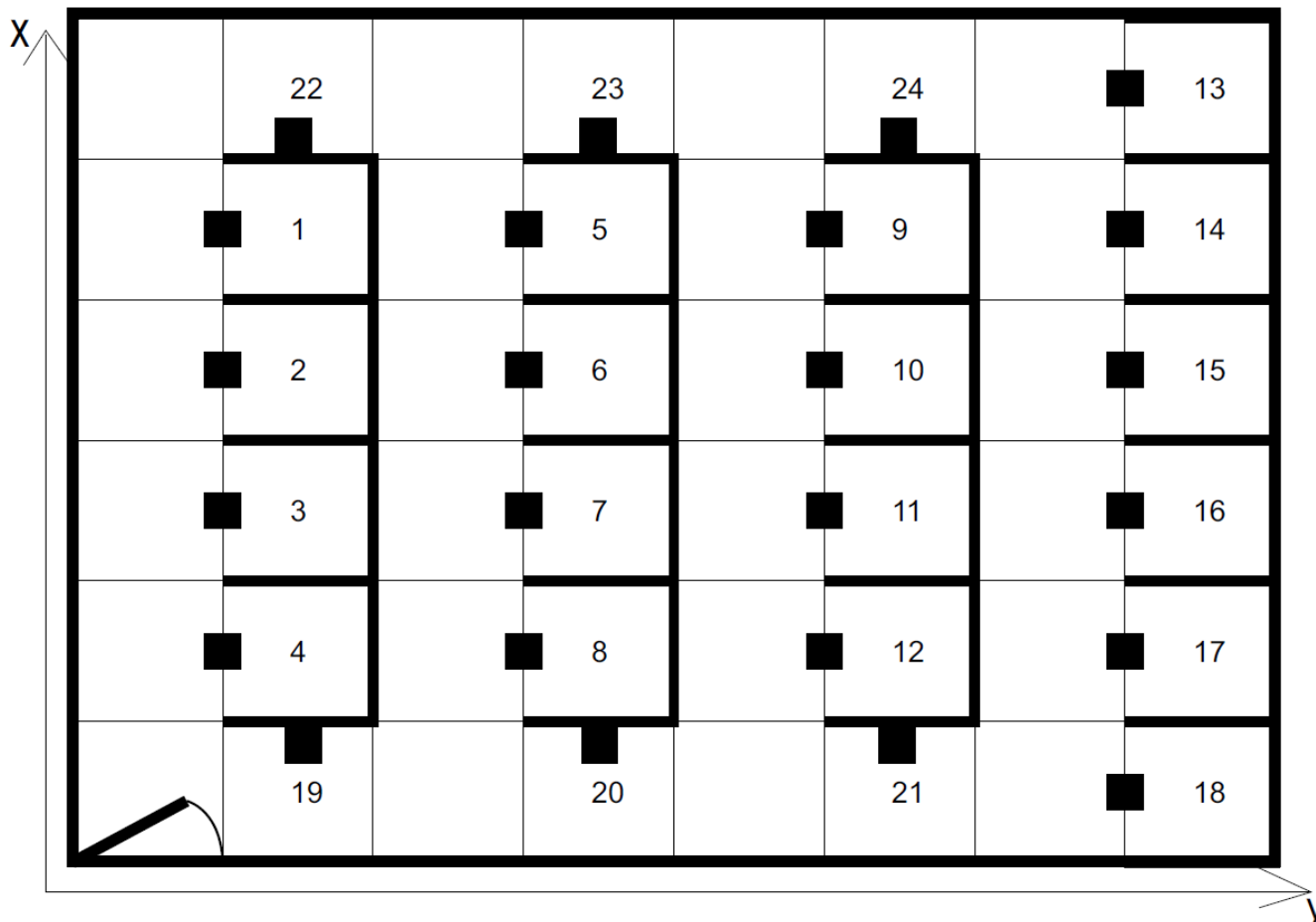
Jak již bylo řečeno v úvodu práce, hlavním cílem projektu je tvorba systému zaskladňování s využitím rozšířené reality. Ta bude použita jako vizualizační nástroj pro zobrazení navigačních šipek či pokynů v zorném poli uživatele. V této kapitole bude zpracována datová a funkční analýza dané problematiky včetně layoutu skladu, algoritmických i datových návrhů řešení, návrhu uživatelského rozhraní a propojení s dalšími skladovými systémy.

Základními stavebními kameny pro návrh systému budou informace o rozložení skladu a tabulky s daty. Pro tyto účely byl vytvořen návrh layoutu skladu rozložený ve čtvercové síti s očíslovanými pozicemi pro skladování a několik základních tabulek s informacemi o markerech, stanovištích a artiklech.

### 6.1 Layout skladu

Layoutem skladu rozumíme prostorovou dispozici skladu - návrh jeho rozložení (zpracovaný z horního pohledu neboli z ptačí perspektivy). Bylo potřeba vytvořit takový layout, který bude pokud možno jednoduše strukturovaný a nebude obsahovat zbytečně velké množství uzlových bodů (křížovatek). Právě proto se nachází layout skladu ve čtvercové síti a v souřadnicovém systému  $x, y$ . Díky tomu bude možné jednoduše přiřazovat k jednotlivým místům ve skladu jejich jedinečnou polohu. Z důvodu jednoznačnosti při zobrazování navigačních šipek byl sklad navržen tak, že v jednotlivých uličkách jsou kóje pro skladování vždy jen na jedné její straně. Toto rozložení navíc napomáhá lepší orientaci ve skladu i v případě nepoužití navigačního systému. Na každé skladovací kóji (stanovišti) ve skladu a taktéž na každém uzlovém bodu se nachází marker s unikátním tvarem. Markery se nachází přibližně ve výšce hlavy dospělého člověka a jsou umístěny tak, aby bylo možné je bez problémů načíst a zároveň aby nedošlo k jejich poškození. Prostřednictvím těchto značek velikých cca 20cm na 20cm bude docházet k zobrazení navigačních pokynů.

Na schematickém obrázku níže (obr. 5.1) jsou tlustou černou čarou vykresleny stěny skladu a jednotlivých skladových stanovišť, černými čtverci jsou pak naznačeny polohy markerů s příslušnými číselnými hodnotami.

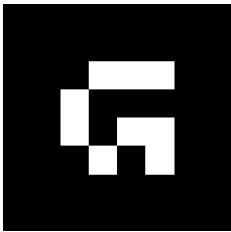
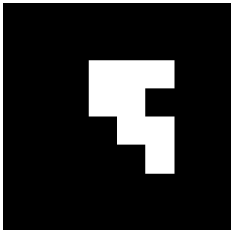
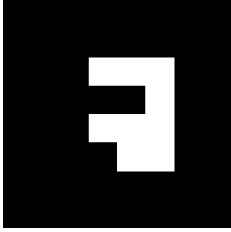
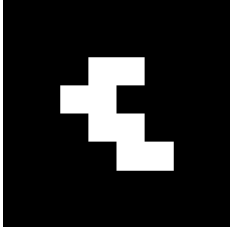
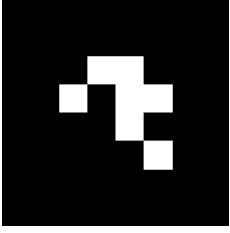


Obr. 6.1 - Schéma skladu

## 6.2 Datová struktura řídicí tabulky

V této kapitole bude rozebrána především řídicí tabulka, která je nezbytná pro chod samotného systému. Další tabulky, které jsou s touto následně propojené ve vlastní databázovou strukturu, budou rozebrány v jedné z dalších kapitol.

Pro potřeby navigačního systému bylo nutné vytvořit hlavní řídicí tabulku obsahující informace o jednotlivých markerech rozmístěných po schématu skladu. Tabulka byla vytvořena pomocí programu MS Excel a obsahuje unikátní identifikační kód markeru, jeho grafickou podobu, informace o jeho poloze v souřadnicovém systému  $x$ ,  $y$  a informaci o jeho přiřazení k jednotlivým skladovým stanovištím či křížovatkám.

ID Markeru	foto	Stanoviště	x	y
M1		1	2	5
M2		2	2	4
M3		3	2	3
M4		4	2	2
M5		5	4	5

Tab. 6.1 - Řídicí tabulka

## 6.3 Algoritmický návrh

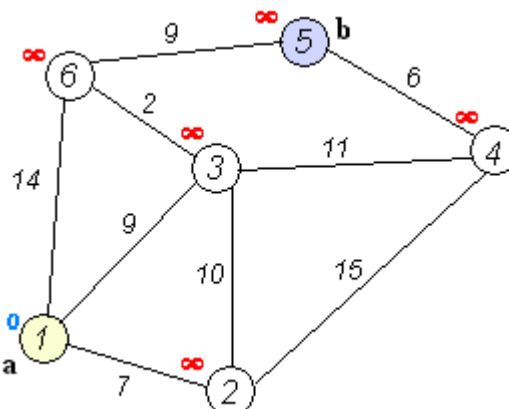
Základní úlohou systému by měla být samotná schopnost navigace po skladu. Pro tyto účely bylo zapotřebí nalézt vhodný algoritmus, který by byl schopen rychle a jednoduše určit nejkratší cestu k uživatelem zadanému cíli.

### 6.3.1 Dijkstrův algoritmus

Základním algoritmem šíření do šířky je Dijkstrův algoritmus, který je možné použít v případě, kdy graf neobsahuje hrany se záporným ohodnocením. Označíme si výchozí uzel, ze kterého budeme plánovat cestu. Dijkstrův algoritmus je založen na tom, že na začátku přiřadíme uzlům určité hodnoty a postupně je budeme vylepšovat. Algoritmus si popíšeme ve slovním pseudokódu:

1. Ke každému uzlu přiřaď aktuální vzdálenost od počátečního uzlu. V případě samotného výchozího uzlu je vzdálenost 0, v případě ostatních uzlů je to nyní nekonečno.
2. Označ všechny uzly jako nenavštívené. Označ výchozí uzel jako aktuální uzel. Vytvoř množinu nenavštívených uzlů, která bude obsahovat všechny uzly kromě výchozího. Nyní se dostáváme k třetímu bodu, který se bude opakovat ve smyčce.
3. Podívej se na všechny nenavštívené sousedy aktuálního uzlu a vypočítej jejich vzdálenost od počátečního uzlu. Pokud má např. aktuální uzel vzdálenost 3 a délka hrany mezi tímto uzlem a jeho sousedem je 2, potom vzdálenost k tomuto sousedovi bude  $3 + 2 = 5$ . Pokud je aktuální vzdálenost menší než dříve zaznamenaná vzdálenost tohoto souseda, pak ji přepiš lepší, kratší hodnotou. Poznamenejme, že i když jsme se na sousední uzly aktuálního uzlu podívali, stále zůstávají v množině nenavštívených.
4. Jakmile jsme se podívali na sousedy aktuálního uzlu, budeme považovat tento aktuální uzel za navštívený a vyjmeme ho z množiny nenavštívených uzlů. K tomuto uzlu už se nikdy nevrátíme.
5. Pokud byla cílová destinace označena jako navštívená, nebo nejmenší aktuální vzdálenost mezi uzly v množině nenavštívených uzlů je nekonečno, ukonči algoritmus.
6. Vyber uzel z množiny nenavštívených uzlů, který má nejmenší aktuální vzdálenost od výchozího uzlu, nastav jej jako „aktuální“ uzel a vrať se k bodu 3.

Algoritmus tedy systematicky postupuje od výchozího uzlu k cílové destinaci a aktualizuje vzdálenosti. Výstupem algoritmu je pak délka nejkratší cesty z výchozího uzlu do všech ostatních uzlů. [14]

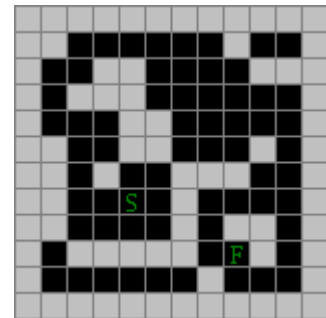


Obr. 6.2 - Dijkstrův algoritmus [14]

### 6.3.2 Algoritmus šíření vlny

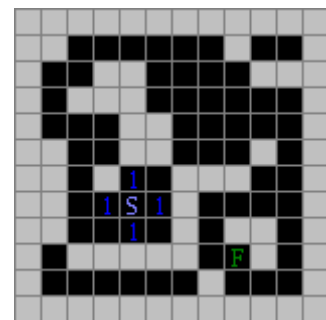
Pro lepší představu bude v této podkapitole provedena ukázka fungování algoritmu šíření vlny. Jedná se o zjednodušenou verzi Dijkstra algoritmu, který byl popsán výše. V tomto případě jsou všechny vzdálenosti mezi sousedními uzly rovny jedné a základním schématem prostředí je čtvercová síť. Výstupem je pak zapsaná nejkratší cesta bod po bodu, což je pro naše využití optimální.

1. Potřebujeme-li se například dostat z bodu S do bodu F, budeme postupovat následovně. Do fronty tedy zapíšeme bod S a přiřadíme mu hodnotu 0.  
Fronta: [4;7]



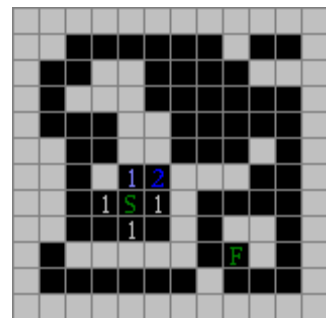
Obr. 6.3 - Vlna 1 [15]

2. Vyjmeme 1. bod ve frontě (tedy [4;7]) a pokud je v jednom ze 4 směrů volno, uděláme zde hodnotu o jednu větší, než je bod sám (bod S je nula, takže zde zapíšeme číslo jedna). Políčka, na které jsme položili jedničky, zapíšeme do fronty.  
Fronta: [4;6][3;7][4;8][5;7]

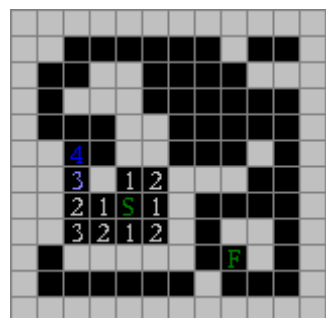


Obr. 6.4 - Vlna 2 [15]

3. Opět vyjmeme 1. bod ve frontě ([4;6]) a systémem nahoru, doleva, dolů, doprava zapíšeme do polí, která jsou prázdná, číslo, které je opět o jedna větší, než to z fronty (čili 2). Body opět přidáme do fronty.  
Fronta: [3;7][4;8][5;7][5;6]



Tento postup se stále opakuje...



Obr. 6.5 - Vlna 3 a 4 [15]

4. ...dokud není kolem pole z fronty políčko F.  
Nyní je názorně vidět sestupně očíslovaná cesta od políčka F k políčku S. Nyní stačí jen projít cestu od F k S technikou: jestli je nahoře nebo vlevo nebo dole nebo vpravo číslo o jednu menší, než to, na kterém stojím. Čísla ukládáme obráceně do fronty, abychom měli souřadnici pole F na konci.

Ve frontě máme nyní zapsanou nejkratší cestu bod po bodu z pole S do pole F. [15]



Obr. 6.6 - Vlna 5 [15]

### 6.3.3 Zhodnocení algoritmického návrhu

V této kapitole byly představeny algoritmy pro hledání cesty ke zvolenému cíli. Takových algoritmů existuje celá řada, nicméně jsou často výpočetně velmi složité a k použití v tomto systému nevhodné. Proto byly představeny algoritmy šíření do šířky, které tento úkol zvládnou, nicméně nejsou nijak výrazně výpočetně složité. Hlavní výhodou je pak fakt, že mohou být spouštěny v každém kroku navigování a velice rychle vrátit výsledek takzvaně „v reálném čase“. Jako optimální varianta se ukázal algoritmus šíření do šířky konkrétně pak algoritmus šíření vlny.



## 6.4 Vizualizační návrh

Tato kapitola bude věnována návrhu vizualizace samotného systému na používaném zařízení. Bylo potřeba vytvořit sérii vizualizačních návrhů pro každou situaci v průběhu navigace. Návrhy byly zpracovány v grafickém editoru a budou sloužit i při demonstraci chodu systému v následující kapitole.

Interface neboli rozhraní jedním slovem označuje vše, co bude moci uživatel v systému vidět na svém zařízení. Základní rozhraní budou v našem případě vytvořena pro tři situace:

### 6.4.1 Obrazovka Start

Interface při spuštění systému pro zadávání počátečních parametrů a start navigování



Obr. 6.7 - Obrazovka Start

#### 6.4.2 **Obrazovka Navigace**

Interface při průběhu navigování do cíle



Obr. 6.8 - Obrazovka Navigace

#### 6.4.3 **Obrazovka Cíl**

Interface při dosažení cílového bodu zobrazující zároveň i sektor, ve kterém se nachází hledaný artikl



Obr. 6.9 - Obrazovka Cíl

## 6.5 Funkčnost systému









1. Při spuštění systému se nejprve načte úvodní obrazovka Start (Obr. 3.5). Uživatel je zde vyzván, aby načel nejblíže marker v jeho okolí. Po kliknutí na ikonu níže se spustí aplikace fotoaparátu a po namíření používaného zařízení směrem k markeru se objeví symbol pro úspěšné načtení. Systém otevře řídicí tabulku (Tabulka 3.2-1), ze které tak získá informaci o aktuální poloze uživatele.
2. Dalším krokem je pak zadání cílového bodu. Zde se po kliknutí zobrazí několik možností – uživatel má možnost vybrat přímo cílové stanoviště ve skladu nebo cílový artikl. V případě volby stanoviště bude výběr proveden pouze pomocí kliknutí na číslo příslušného místa ve skladu. V případě volby artiklu má uživatel možnost vybrat buď artikl přímo ze seznamu artiklů (Tabulka 3.6-1) či opět spustit aplikaci fotoaparátu, která v tomto případě vyzve k načtení barcode příslušného artiklu a ten pak systém v tabulce vyhledá automaticky. Cíl systém zvolí podle určité strategie – například zvolí nejblíže stanoviště s hledaným artiklem.
3. Uživatel stiskne tlačítko Start navigace.
4. Systém spustí algoritmus šíření vlny. Jeho výstupem je zapsaná cesta bod po bodu z aktuální pozice uživatele až do cíle. Poté se na základě těchto informací přiřadí navigační šipky a pokyny k markeru. Zobrazí se interface Navigace (Obr. 3.6), který zobrazí navigační pokyny přes aktuální výstup z fotoaparátu.
5. Uživatel podle nich přejde k dalšímu markeru na cestě, který je v tomto případě již načten automaticky. Díky tomu systém získá aktualizaci aktuální polohy uživatele a provede znovu krok 4.
6. Kroky 4 a 5 se neustále opakují, dokud nestojí uživatel u cíle.
7. U cílového stanoviště se zobrazí obrazovka Cíl. Systém načte z tabulky artiklů informaci o tom, v jakém sektoru se artikl nachází a následně ji zobrazí v podobě barevného označení příslušného sektoru.
8. Zobrazí se tlačítko pro restart. Jeho pomocí se uživatel vrátí zpět na úvodní obrazovku Start.

## 6.6 Propojení systému s databází artiklů

Systém pro navigaci ve skladu lze samozřejmě propojit s dalšími programy, které jsou ve skladech využívány. Jako první možnost se nabízí propojení s databází jednotlivých artiklů, které jsou zde uloženy.

Tohoto propojení by mohlo být využito například pro zadávání cílové destinace při spouštění systému navigace. Při spolupráci řídicí tabulky s tabulkou obsahující informaci o poloze jednotlivých artiklů na stanovištích ve skladu by bylo možné například naskenováním čárového kódu artiklu okamžitě určit, kam má systém uživatele navigovat. Další výhodou by mohla být uložená informace o přesnější poloze artiklu na stanovišti – např. jestli se nachází nahoře či dole, vlevo či vpravo. Takovou informaci by mohl následně použít systém při zobrazení interface u cílové destinace.

Návrh tabulky s artikly:

ID Artikl	Barcode	Stanoviště	L/P	N/D
A24211	 A24211	12	L	D
A24212	 A24212	4	P	D
A24213	 A24213	6	P	N
A24214	 A24214	4	L	N
A24215	 A24215	8	L	D
A24216	 A24216	13	P	N
A24217	 A24217	18	P	D
A24218	 A24218	16	P	D

Tab. 6.2 - Tabulka artiklů

## 6.7 Spojení s hardwarem

Pro reálné využití rozšířené reality je potřeba se opřít o spolehlivý, robustní a uživatelsky přívětivý hardware. Proto je věnována velká pozornost vývoji těchto zařízení a jejich následné implementaci. Vše je ovšem podřízeno technologickým pokrokům v oblasti vývoje počítačových mikroprocesorů, displejů, senzorů, vysokorychlostního připojení k Internetu, baterií s dlouhou výdrží ale malou hmotností atd. Tato podkapitola přibližuje možnosti, které jsou v dnešní době vyvíjeny.

Kromě stacionárních systémů s vysokým rozlišením, které jsou využitelné například v mobilních zařízeních (chytřé telefony, tablety) jsou pro zobrazení rozšířené reality vhodná další, tzv. nositelná zařízení, která se upevňují na tělo, a uvolňují tak ruce pro práci. Jde například o tzv. head-mounted displeje, které sestávají z displeje a headsetu nebo helmy a zobrazují na displeji před očima uživatele jak obraz reality, tak přidané informace. Uživatel tak nevidí obraz reality přímo, ale zprostředkovaně na displeji. Tzv. chytřé brýle naproti tomu umožňují uživateli vidět reálný obraz přímo a zobrazují přidané informace na displeji v jeho zorném poli.

Vývoj se v blízké budoucnosti zřejmě zaměří také na tzv. chytřé čočky, které by integrovaly řídicí a komunikační obvody s diodami LED a další optoelektronikou. Tvořily by jakýsi průhledný displej, a umožnily tak formovat obraz rozšířené reality přímo před okem uživatele.  
[5]

## 7 Referenční ukázka

Kvůli názornosti při prezentaci projektu a pro vyzkoušení tvorby rozšířené reality v praxi byla vytvořena referenční ukázka navigace v prostorách Katedry průmyslového inženýrství a managementu. Ukázka byla vytvořena pomocí aplikace Augment a jejího podpůrného software, který je k dispozici na jejích webových stránkách.

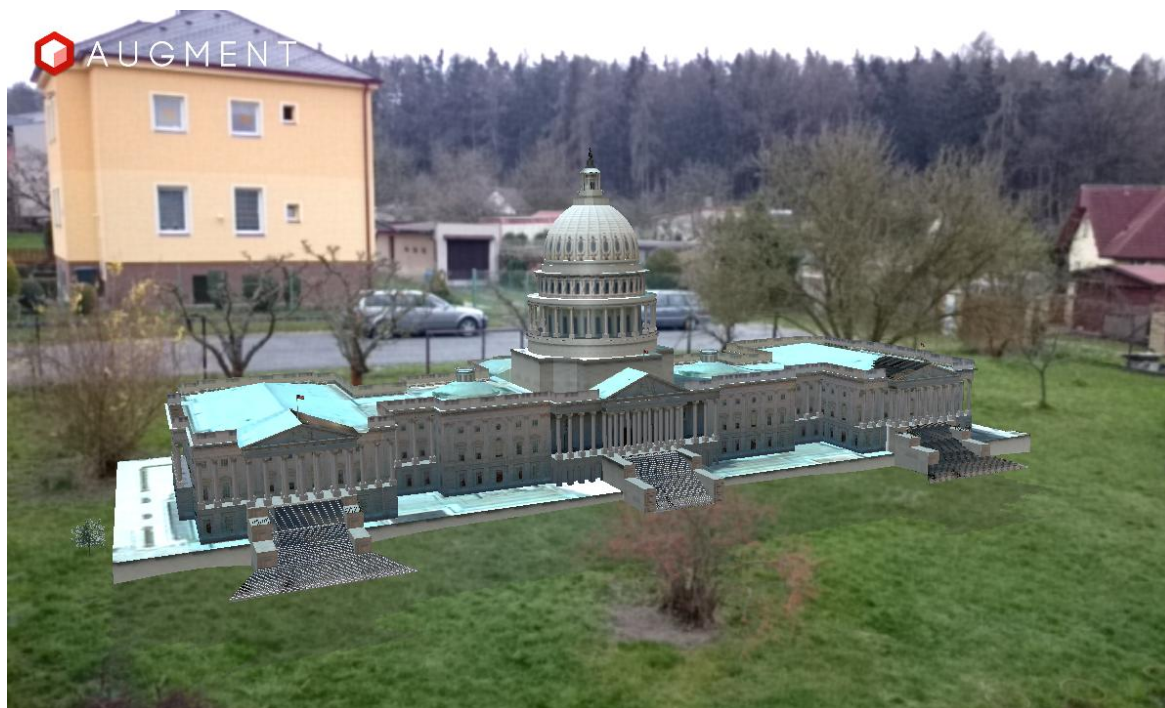
### 7.1 Aplikace Augment

Jedná se o francouzskou startup aplikaci rozšířené reality pro mobilní zařízení. Tato aplikace programátora Jean-François Chianetty umístí 3D objekty do záběru fotoaparátu přístroje. Podstatou je, že společnosti si na své stránky mohou přidat tlačítko Augment (Rozšíření), a to umožní zákazníkům stáhnout si 3D modely produktů a podívat se, jak budou vypadat v různých prostředích – doma, v kanceláři, kdekoliv. Na obrázku níže je vidět toto využití v praxi – model židle na balkonu domu autora.



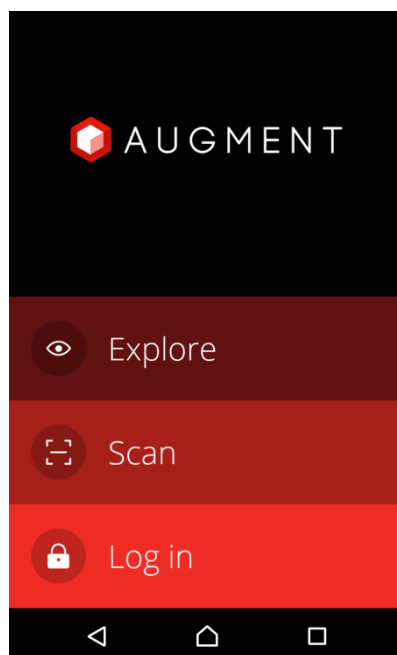
Obr. 7.1 - AR židle na balkoně

Aplikace je v základní verzi přístupná zdarma na internetu a slouží v podstatě k demonstraci možností rozšířené reality jako takové. Například umístění světoznámé budovy na vlastní zahradě není problémem.



Obr. 7.2 - AR Capitol na zahradě

Je zde možnost výběru z kategorií předpřipravených modelů, které lze pouze jedním kliknutím umístit na jakoukoli rovnou plochu před uživatelem. Další funkce je ukryta pod tlačítkem skenování, které po načtení speciálního markeru u obrázku (např. v časopisu či katalogu) zobrazí jeho 3D model. Tlačítko Log in slouží k přihlášení k webovému účtu aplikace Augment, na který je možné uložit vlastní objekty a markery.



Obr. 7.3 - Augment screen

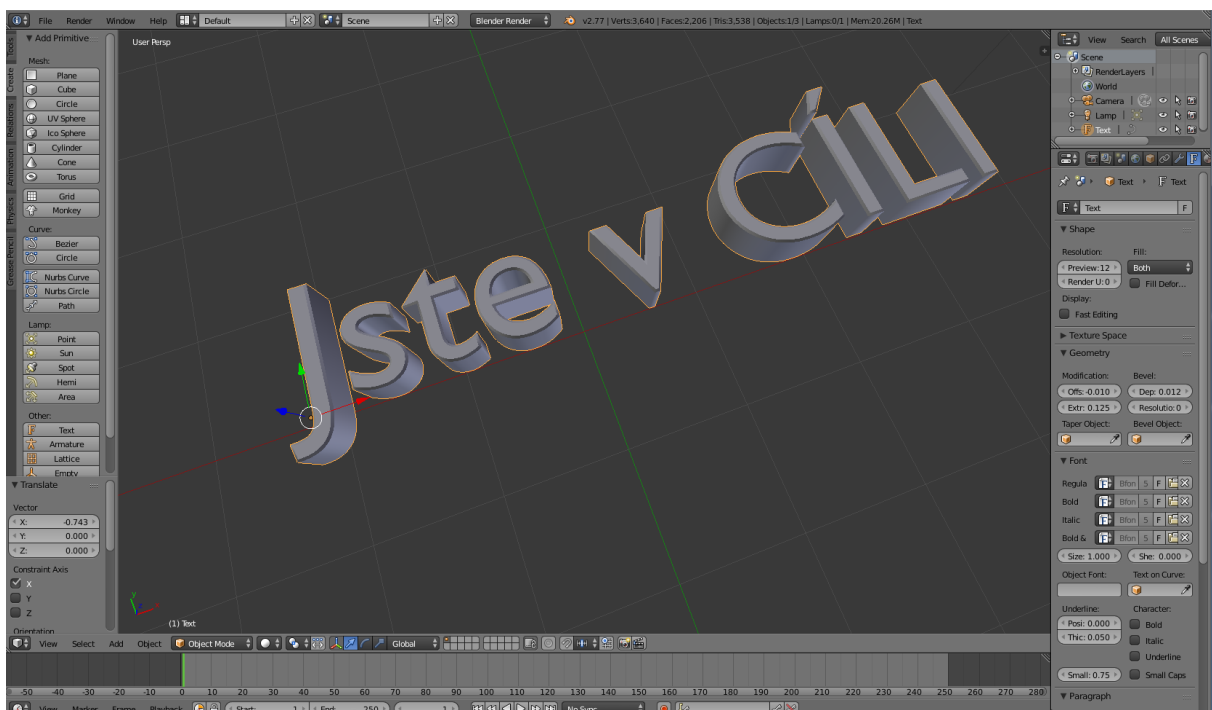


## 7.2 Tvorba ukázky

Při tvorbě ukázky bylo využito programu Blender a především aplikace Augment, ve které bylo potřeba vytvořit si vlastní účet umožňující použití pokročilejších funkcí. Aplikace Augment byla již popsána výše.

### 7.2.1 Tvorba v Blender

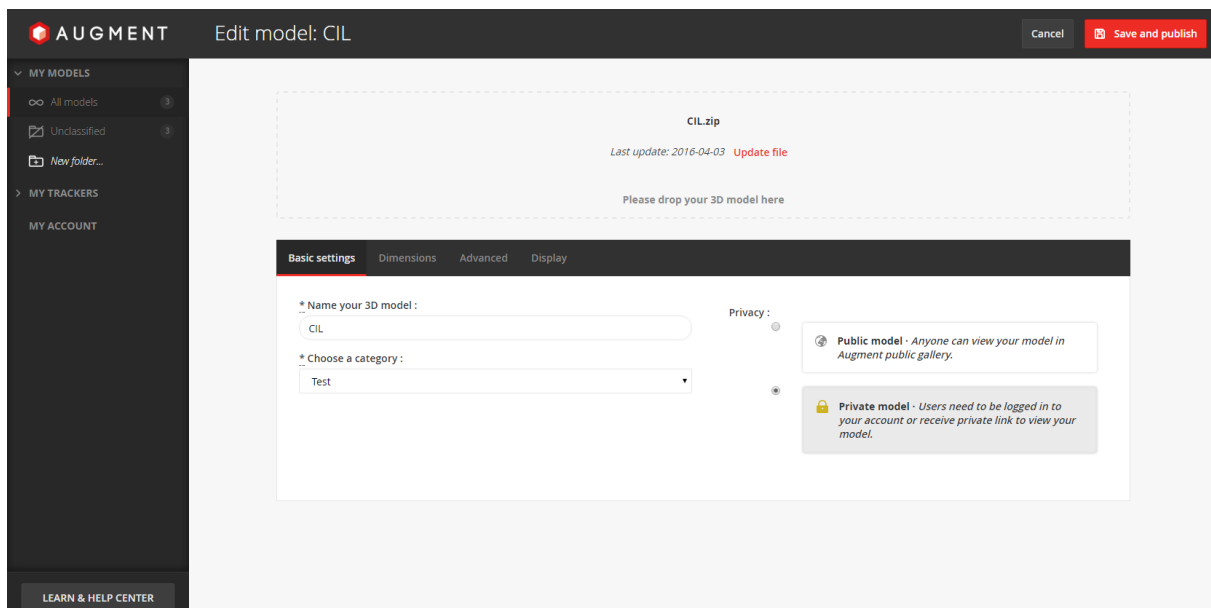
Program Blender umožňuje vytvářet grafické objekty a ukládat je ve formátu .obj. V tomto programu byl pomocí jeho základních funkcí vložen požadovaný text s navigačními pokyny, kterému byla následně přidána hloubka a textura.



Obr. 7.4 - Blender text



## 7.2.2 Tvorba v Augment



Obr. 7.5 - Augment web interface [21]

Následně bylo nutné uložené soubory s 3D textem nahrát na webové stránky aplikace Augment. Zde jim byla přiřazena výchozí velikost, název a další vlastnosti týkající se jejich zobrazení při ukázce. V neposlední řadě bylo potřeba objekty textu spojit s příslušnými markery. V našem případě bylo nutné použít markery typu fotografie či obrázek, jelikož aplikace Augment neumožňuje práci s markery jednoduššího typu. Pro naši ukázkou to neznamenovalo problém, nicméně pro použití ve výsledném systému by byly tyto markery nevhodné.



Obr. 7.6 - Foto marker

### 7.2.3 Natáčení videa

Pro natáčení byly vybrány prostory katedry průmyslového inženýrství a jako cíl kancelář pana vedoucího mé bakalářské práce Ing. Petra Hořejšího Ph.D.. Před samotným natáčením bylo nutné rozmístit předem připravené markery na uzlové body při navigaci (dveře ostatních kanceláří). Následně katedrou prošel figurant se spuštěnou aplikací Augment, s jejíž pomocí skenoval jednotlivé markery a řídil se pokyny, které mu byly zobrazeny na displeji jeho smartphone zařízení dokud nedošel do cíle.



Obr. 7.8 - Navigace po katedře



Obr. 7.7 - Pokyn na smartphone

## 8 Závěr

Primárním cílem této práce bylo vytvořit zadání programátorovi pro systém zaskladňování pomocí rozšířené reality a demonstrovat tak jednu z mnoha možností jejího využití.

Sekundárním cílem práce bylo představení rozšířené reality, vysvětlení základních pojmů a jejího fungování.

Pomocí několika programů a nástrojů byl vytvořen návrh tohoto systému včetně layoutu skladu, datové i algoritmické struktury a vzhledu uživatelského rozhraní.

Systém by měl sloužit k navigování uživatele po interních prostorách skladu, kde není možnost použití klasických navigačních systémů. V tom tkví jeho hlavní výhoda. Další výhodou je, že při použití systému pro nalezení konkrétního artiklu ve skladu by s jeho pomocí uživatel našel hledaný artikl rychleji a tudíž by pracoval efektivněji. Tato výhoda by se nejvíce projevila ve středně velkém či velkém skladu s náhodně uloženými artikly mnoha různých druhů.

Pro názornost byla zpracována referenční ukázka v podobě krátkého videa zobrazujícího možné fungování systému navigace. Na ukázce prochází figurant Katedrou průmyslového inženýrství a managementu a řídí se pokyny na jeho smartphonu, aby našel cestu k cíli.

V průběhu práce na tomto projektu se vyskytlo několik nepředpokládaných komplikací týkajících se především omezené přístupnosti softwaru pro tvorbu rozšířené reality a práci s ní.

S ohledem na náročnost programování a ladění při vytváření podobného systému uvažuji o jeho realizaci v průběhu navazujícího studia jakožto potenciálním tématu své diplomové práce.

Dle mého názoru je rozšířená realita jednou z technologií, které momentálně zažívají velmi významný rozvoj. To potvrzuje i fakt, že se o ni zajímá stále více světových gigantů na poli počítačových technologií. S největší pravděpodobností má před sebou rozšířená realita velkou budoucnost.

## 9 Citovaná literatura

- [1] HOŘEJŠÍ, Petr, GÖRNER, Tomáš a KURKIN, Ondřej. *VYZTYMDP : Virtuální realita: úvodní úroveň* [e-book]. Plzeň: ZČU, 2012. ISBN 978-80-87539-07.
- [2] HOŘEJŠÍ, Petr, GÖRNER, Tomáš a KURKIN, Ondřej. *VYZTYMDP : Virtuální realita: základní úroveň* [e-book]. Plzeň: ZČU, 2012. ISBN 978-80-87539-07.
- [3] ALCANIZ, Mariano, CAMBA, Jorge Dorribo, CONTERO, Manuel a OTEY, Jeffrey. *Visualization and Engineering Design Graphics with Augmented Reality*. 2. vyd. SDC Publications, 2014. ISBN 978-1585039050.
- [4] AFFAIR ADVERTISING. *Rozšířená realita* [online]. 2014 [cit. 4.12.2015].  
Dostupné z: <http://www.rozsirena-realita.cz/>
- [5] KNÍŽEK, Martin. *Logistika: Rozšířená realita změní logistické procesy* [online]. Hospodářské noviny IHNEDE.cz, 24.7.2014 [cit. 4.12.2015]. Dostupné z: <http://logistika.ihned.cz/c1-62550720-rozsirena-realita-zmeni-logisticke-procesy>
- [6] STEJSKAL, Ondřej. *Rozšířená realita a její využití v umění* [online]. Brno, 2013 [cit. 2.12.2015]. Dostupné z: <http://is.muni.cz/th/383921/>
- [7] GLOCKNER, Holger, JANNEK, Kai, MAHN, Johannes a THEIS, Björn. *Augmented Reality in Logistics: Changing the way we see logistics – a DHL perspective* [online]. Troisdorf: DHL Customer Solutions & Innovation, 2014 [cit. 24.11.2015]. Dostupné z: [http://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about\\_us/logistics\\_insights/csi\\_augmented\\_reality\\_report\\_290414.pdf](http://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about_us/logistics_insights/csi_augmented_reality_report_290414.pdf)
- [8] YouTube. SAP ENTERPRISE. *SAP & Vuzix Bring you Augmented Reality Solutions for the Enterprise* [online]. 12.5.2013 [cit. 5.5.2016].  
Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=9Wv9k\\_ssLcI](https://www.youtube.com/watch?v=9Wv9k_ssLcI)
- [9] LAVIERI, Edward. *Getting Started with Unity 5* [e-book]. Packt Publishing, 2015. ISBN 978-1-7839-831-6.
- [10] LINOWES, Jonathan. *Getting Started with Unity 5* [e-book]. Packt Publishing, 2015. ISBN 978-1783988556.
- [11] CICHÝ, Lukáš. *Hra vytvořená v platformě Unity 3D* [online]. Praha, 2014 [cit. 2.12.2015]. Dostupné z: <http://www1.fs.cvut.cz/stretech/2014/>

- [12] METAIO. *Metaio Developer Portal: Tutorials* [online]. 2015 [cit. 3.12.2015]. Dostupné z: <https://my.metaio.com/dev/creator/tutorials/>
- [13] KRÁL, Jakub. [online]. Praha, 2014 [cit. 30.11.2015]. Dostupné z: <https://dip.felk.cvut.cz>
- [14] ČVUT - POPULAR. *Grafy a grafové algoritmy: Hledání nejkratší cesty* [online]. Praha [cit. 30.11.2015]. Dostupné z: <http://popular.fbmi.cvut.cz/it/Stranky/Grafy-a-grafove-algoritmy-4-Hledani-nejkratsi-cesty.aspx>
- [15] ČÁPKA, David. *Šíření do šířky (Vlna)* [online]. ITnetwork.cz, 2011 [cit. 1.12.2015]. Dostupné z: <http://www.itnetwork.cz/algoritmy/bludiste/algoritmus-sireni-do-sirky-vlna-hledani-cesty-v-bludisti/>
- [16] COHLAB. *Enhance Your Digital Marketing Strategy with Augmented Reality* [online]. 2014 [cit. 5.12.2015]. Dostupné z: <http://cohlab.com/blog/enhance-digital-marketing-strategy-augmented-reality.html>
- [17] SEITHCG. *...And then there was Unity (3D)* [online]. 2012 [cit. 3.12.2015]. Dostupné z: <http://seithcg.com/wordpress/?p=1706>
- [18] Prohledávání do šířky. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco: Wikimedia Foundation, 2014 [cit. 2.2.2015]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Prohled%C3%A1v%C3%A1n%C3%AD\\_do\\_%C5%A1%C3%AD%C5%99ky](https://cs.wikipedia.org/wiki/Prohled%C3%A1v%C3%A1n%C3%AD_do_%C5%A1%C3%AD%C5%99ky)
- [19] MARCOFOLIO. *Introduction into Augmented Reality with Vuforia* [online]. 2014 [cit. 4.4.2015]. Dostupné z: [http://www.marcofolio.net/other/introduction\\_into\\_augmented\\_reality\\_with\\_vuforia.html](http://www.marcofolio.net/other/introduction_into_augmented_reality_with_vuforia.html)
- [20] *Smartphone and Tablet* [online]. [cit. 8.5.2015]. Dostupné z: <http://i-cdn.phonearena.com/images/articles/79734-thumb/smartphone-tablet.jpg>
- [21] AUGMENT. *Augment.com* [online]. [cit. 6.4.2015]. Dostupné z: <http://www.augment.com/>