

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2023

Bc. Adéla Bujárková

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická

Uplatnění virtuálních technologií v prostředí chemického průmyslu
Diplomová práce

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Adéla Bujárková**
Osobní číslo: **C21532**
Studijní program: **N0413A050010 Ekonomika a management podniků chemického průmyslu**
Téma práce: **Uplatnění virtuálních technologií v prostředí chemického průmyslu**
Zadávací katedra: **Katedra ekonomiky a managementu chemického a potravinářského průmyslu**

Zásady pro vypracování

1. Rešerše odborné literatury v oblasti vybraných virtuálních technologií v kontextu Průmyslu 4.0, představení technologií a jejich historického vývoje.
2. Rešerše odborné literatury v oblasti virtuální reality, rozšířené reality a digital twins.
3. Analýza praktického využití virtuálních technologií v podniku/podnicích chemického průmyslu.
4. Návrh možnosti dalšího rozšíření a souhrnné doporučení.
5. Závěrečné shrnutí.

Rozsah pracovní zprávy: **50**
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. Mařík, V. a kol. *Průmysl 4.0 výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0.
2. Jung, T., Dieck, M. C. *Augmented Reality and Virtual Reality*. New York: Springer, 2018. ISBN: 978-3-319-64027-3
3. Ustundag, A., Cevikcan, E. *Industry: 4.0 Managing the Digital Transformation*. Istanbul: Springer, 2017. ISBN 978-3-319-57869-9
4. Nath, S. V., Schalkwyk, P., Isaacs, D. *Building Industrial Digital Twins*. Birmingham: Packt Publishing, 2021. ISBN 1839219076
5. Ferrell, J. B., Campbell, J.P., Dillon, R., McCarthy, D. R. a spol. Chemical Exploration with Virtual Reality in Organic Teaching Laboratories. *Journal of Chemical Education*, 2019, 96(9), 1961-1966 ISSN 0021-9584.
6. Errandonea, I., Sergio Beltrán, S., Arrizabalaga, S. Digital Twin for maintenance: A literature review. *Computers in Industry*, 2020, 123. ISSN 01663615

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jana Košťálová, Ph.D.**
Katedra ekonomiky a managementu chemického
a potravinářského průmyslu

Datum zadání diplomové práce: **28. února 2023**
Termín odevzdání diplomové práce: **5. května 2023**

L.S.

prof. Ing. Petr Němec, Ph.D.
děkan

Ing. Jan Vávra, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. února 2023

Prohlašuji:

Práci s názvem Uplatnění virtuálních technologií v prostředí chemického 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: 05.05.2023

Bc. Adéla Bujárková v.r.

Poděkování

Tímto bych velice ráda poděkovala především vedoucí mé diplomové práce paní Ing. Janě Košťálové, Ph.D. za její velice cenné a odborné rady, připomínky a vstřícnost při průběhu zpracování této práce. Dále bych ráda poděkovala celé své rodině, přátelům a svému příteli za podporu během studia.

Anotace

Tato práce je zaměřena na vytvoření základního přehledu virtuálních technologií, zmapování jejich historického vývoje, technických možností a současného využití v průmyslové praxi. V práci jsou prezentovány výsledky výzkumu, který se zabýval analýzou možností praktického využití virtuálních technologií v podnicích chemického průmyslu, identifikací problémových oblastí a oblastí dalšího možného rozvoje a navržení souhrnného doporučení.

Klíčová slova

Virtuální realita, rozšířená realita, digitální dvojče, chemický průmysl, digitalizace

Title

Application of Virtual Technologies in Chemical Industry Environment

Annotation

This diploma theses is focused on creating the overview of virtual technologies, its historical development, technical possibilities and its current use in industrial practice. The thesis contains the research results dealt with analysis of the possibilities of practical use of virtual technologies in the chemical industry companies, the identification problematic areas and areas of further possible development and the drafting the summary recommendation.

Key words

Virtual Reality, Augmented Reality, Digital Twin, Chemical Industry, Digitization

Obsah

Seznam obrázků.....	10
Seznam tabulek.....	11
Seznam použitých symbolů a zkratk.....	12
Úvod.....	12
1 Obecná charakteristika virtuálních technologií	14
2 Historický vývoj virtuálních technologií	16
3 Virtuální realita, rozšířená realita, digitální dvojče	21
3.1 Virtuální realita	21
3.1.1 Výstupní zařízení	24
3.1.2 Technické možnosti vizuálního rozhraní VR prostředí	26
3.1.3 Vstupní technologie	28
3.2 Rozšířená realita.....	29
3.2.1 Technické možnosti AR.....	31
3.2.2 Technické možnosti vizuálního rozhraní pro AR.....	32
3.3 Digitální dvojče.....	34
3.3.1 Vstupní zařízení	38
3.3.2 Datový přenos	39
4 Využití virtuálních technologií v praxi	40
4.1 Praktické využití virtuální reality.....	40
4.2 Praktické využití rozšířené reality.....	41
4.3 Praktické využití digitálního dvojčete.....	43
5 Uplatnění virtuálních technologií v prostředí chemického průmyslu.....	47
5.1 Virtuální realita	47
5.1.1 Představení Respondenta 1	47
5.1.2 Metodika výzkumu	48

5.1.3	Řízený rozhovor s Respondentem 1	48
5.1.4	Shrnutí výsledků řízeného rozhovoru	49
5.1.5	Zadaná problematika k VR	50
5.1.6	Výsledky průzkumu trhu a navrhovaná řešení	52
5.1.7	Vyhodnocení výsledků a navrhovaná řešení pro VR.....	54
5.2	Rozšířená realita.....	57
5.2.1	Metodika výzkumu	57
5.2.2	Představení dodavatelů	57
5.2.3	Řízené rozhovory s dodavateli.....	58
5.2.4	Shrnutí výsledků řízených rozhovorů a návrhy dalšího rozvoje AR	59
5.2.5	Představení Respondenta 2	62
5.2.6	Návrh rozšíření AR technologií u Respondenta 2	63
5.3	Digitální dvojče.....	66
5.3.1	Představení Respondenta 3	66
5.3.2	Zadaná problematika k DT	66
5.3.3	Metodika výzkumu	67
5.3.4	Výsledky průzkumu trhu a navrhovaná řešení	67
5.3.5	Vyhodnocení výsledků a navrhovaných řešení pro DT	71
5.4	Celkové shrnutí výsledků uplatnění virt. technologií v chemickém průmyslu.....	74
	Závěr	77
	Použitá literatura	79
	Přílohy.....	89

Seznam obrázků

Obrázek 1: První prototyp předchůdce technologie VR Sensorama [6]	17
Obrázek 2: Předchůdce headsetové VR technologie, tzv. Damoklův meč [70].....	18
Obrázek 3: Uživatel se zákl. vybavením pro VR jako součást tzv. virtuální smyčky [2]	22
Obrázek 4: Využití HMD pro VR v praxi [72]	26
Obrázek 5: Zobrazovací technologie CAVE pro VR [66]	27
Obrázek 6: Inputové zařízení tracker od společnost HTC Vive umožňující kopírování pohybů lidského těla do analogické postavy ve světě VR [71]	29
Obrázek 7: Grafické zobrazení problematiky hranic mezi virtualitou a realitou (vytvořeno na základě [30]).....	30
Obrázek 8: Aplikace AR pomocí tabletu v logistickém procesu [67].....	33
Obrázek 9: Reálný pohled skrze SG při procesu údržby/instalace zařízení, uživatel využívá vizuálního i sluchového rozhraní za pomoci instrukcí dalšího uživatele [68].....	34
Obrázek 10: Zobrazení reálného objektu a jeho DT v podobě výrobního zařízení [69]	35
Obrázek 11: Aktuální řešení VR v Tréninkovém centru Respondenta 1, vyobrazeno v procesu užívání dle Respondenta 1	51
Obrázek 12: Gauge Reader pro číselníkový měřák dle Dodavatele 9.....	69

Seznam tabulek

Tabulka 1: Charakteristiky jednotlivých řešení problematiky DT	72
---	----

Seznam použitých symbolů a zkratek

2D	dvoudimenzionální, dvourozměrný
3D	trojdimenzionální, trojrozměrný
AI	Artificial Intelligence (umělá inteligence)
API	Application Programming Interface
AR	Augmented Reality (rozšířená realita)
AV	Augmented Virtuality (rozšířená virtualita)
B2B	Business to Business
B2C	Business to Customers
BCG	Boston Consulting Group
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
CAVE	Cave Automatic Virtual Environment (automatické virtuální prostředí CAVE)
DT	Digital Twin (digitální dvojče)
HMD	Head-mounted Display (náhlavní displej)
IoT	Internet of Things (internet věcí)
Kč	Česká koruna
LCD	Liquid Crystal Display (displej z tekutých krystalů)
LEEP	Large Expanse Extra Perspective (extra velká perspektiva)
LTE	Long Term Evolution (vysokorychlostní internet s technologií Long Term Evolution)
MR	Mixed Reality (smíšená realita)
OCR	Optical character recognition (optické rozpoznávání znaků)
OPC	Open Platform Communications (otevřená komunikační platforma)
SG	Smart Glasses (chytré brýle)
UOM	údržba, oprava a montáž
USD	americký dolar, měnová jednotka Spojených států amerických
VR	Virtual Reality (virtuální realita)
WGR	Wireless Gauge Reader (bezdrátová čtečka měřidel)
WWW	World Wide Web (celosvětová síť)

Úvod

S nástupem novodobého fenoménu Průmysl 4.0, který byl představen v roce 2011 v německém Hannoveru, je spojeno několik technologických prvků, mezi které patří mimo jiné také virtuální technologie. Vývoj těchto technologií začal pozvolna již v 50. letech minulého století a pokračoval ve stejné vývojové linii zhruba do 80. let, kdy se vývoj každé z nich vydal vlastním směrem. V tomto období nastal zároveň zlom v dostupnosti osobních počítačů pro širokou veřejnost, což zapříčinilo také stoupající zájem o tyto technologie. Neopomenutelný vliv na celou situaci na trhu měl také fakt, že objem dat díky spuštění globální internetové sítě (World Wide Web – WWW) začal rapidně narůstat, a tak bylo možné posunout vývoj technologicky kupředu.

Virtuální technologie pronikly do povědomí veřejnosti zejména prostřednictvím herního průmyslu, ve kterém jsou využívány do dnes. Široké uplatnění však tyto technologie nacházejí i v mnoha dalších oborech (lékařství, údržbářské procesy, marketing, logistika, těžba, e-commerce, vzdělávání atd.). Implementace virtuálních technologií přináší podnikům mnoho výhod, mezi které patří zejména optimalizace procesu, zvýšení efektivity, úspora nákladů a v neposlední řadě také zpříjemnění a ulehčení práce podnikovým zaměstnancům.

Cílem práce je posoudit uplatnění virtuálních technologií v prostředí chemického průmyslu. Dílčím cílem rešeršní části práce je zmapovat počátek virtuálních technologií a jejich vývoj v čase, dále pak charakterizovat jednotlivé technologie, představit jejich technické možnosti a zároveň zmapovat jejich praktické využití jak v podnicích, tak mimo ně. Dílčím cílem praktické části této práce bylo analyzovat možnosti praktického využití virtuálních technologií v podnicích chemického průmyslu, identifikovat problémové oblasti a oblasti dalšího možného rozvoje a navrhnout souhrnné doporučení.

První dílčí cíl, týkající se rešeršní části práce, je naplněn prostřednictvím kapitol 1 až 4, v nichž jsou představena témata týkající se charakteristiky virtuálních technologií, jejich historického vývoje a následně podrobné představení jednotlivých technologií, tedy virtuální reality (Virtual Reality – VR), rozšířené reality (Augmented Reality – AR) a digitálního dvojčete (Digital Twin – DT). V kapitole 4 jsou popsány dosavadní podoby uplatnění virtuálních technologií v praxi.

Naplnění druhého dílčího cíle je dosaženo prostřednictvím zpracování kapitoly 5, která nabízí postupné představení výsledků kvalitativního výzkumu na téma využití VR, AR a DT ve vybraných podnicích chemického průmyslu a u dodavatelů zkoumaných technologií. V závěru této kapitoly jsou shrnuty výsledky a prezentována souhrnná doporučení.

Virtuální technologie se do budoucna jeví jako vysoce perspektivní prvek Průmyslu 4.0, a to v mnoha podobách užití. Jejich perspektiva spočívá nejen ve zvýšení efektivity podnikových procesů a jejich bezpečnosti, ale zároveň napomáhá ke zvýšení atraktivity průmyslových výrob z hlediska pracovního trhu pro nastupující Generaci Z. V neposlední řadě se jedná také o vysoce perspektivní marketingový nástroj, který napomáhá nejen k prezentaci podniku v rámci externích návštěv, ale v některých případech také k atraktivitě produktů.

1 Obecná charakteristika virtuálních technologií

S pojmem virtuální technologie je obecně nejčastěji spojován pouze pojem VR, kdy důvod spočívá především v její popularitě v herním průmyslu. Avšak virtuální technologie jsou dnes uživatelsky vysoce dostupným nástrojem jak pro běžné použití, tak i využití průmyslové. Mezi virtuální technologie však nespadá pouze VR, ale řadíme sem i další, již méně známé, přesto však stejně významné technologie, jako například DT, které je hojně využíváno pro průmyslové optimalizační a řídicí procesy, nebo také AR, jejíž využití lze uplatnit v podstatě v jakémkoliv odvětví. Do pomyslného balíčku virtuálních technologií lze zařadit však mnohem více (např. i holografické zobrazení). [1] V této diplomové práci budou posouzeny pouze tři výše zmíněné technologie, a to VR, DT a AR, které budou v následujících kapitolách blíže popsány.

V dnešním dynamicky se rozvíjícím světě pozorujeme doslova skokový vývoj moderních technologií založených především na technologii mikroprocesorů, jejichž zásluhou jsou počítače rychlejší a zároveň cenově dostupnější. Cenová dostupnost těchto technologií je zapříčiněná především snížením nákladů na výrobu komponentů, a to díky masové výrobě v reakci na stoupající poptávku. Důvodem popularity virtuálních technologií je jejich vysoký užitek v podstatě v kterémkoliv odvětví. Nikdo z nás si dnes určitě již nedokáže představit určité profese bez použití těchto technologií. V souvislosti s tím můžeme zmínit profese jako jsou stavební inženýři, interiéroví a grafičtí designéři, architekti [2], lékaři, školitelé a lektori, operátoři dálkového řízení, skladníci, údržbáři, marketéři ale třeba i profesionální sportovci.

V souvislosti s rapidním vývojem moderních technologií hovoříme o probíhající čtvrté průmyslové revoluci. Tuto revoluci lze zjednodušeně charakterizovat implementací moderních technologických prvků do průmyslových procesů, což vede k jejich robotizaci, automatizaci, digitalizaci a integraci. Vše, co jsme do začátku nového tisíciletí, kdy tato revoluce fakticky započala, znali pouze jako samostatně fungující statické procesy se postupně propojují do globálně propojených dynamických systémů. Obecně tento technologický pokrok označujeme jako fenomén Průmysl 4.0, který byl poprvé představen v roce 2011 na technologickém veletrhu v německém Hannoveru [3]. Pojem Průmysl 4.0 souhrnně označil to, co do té doby nebylo jednotně koncipováno do vývojového směru. I přes to, že pod tento koncept spadá mnoho technologických prvků, virtuální technologie jsou jeden ze základních pilířů a charakteristických prvků této revoluce [1].

Každá z výše zmíněných virtuálních technologií, kterými se tato práce zabývá, je dnes postavena na počítačové simulaci interaktivního prostředí v reálném čase. Tato simulace nabízí uživateli okamžitou reálnou odpověď na jeho vstupy, jejichž charakter je rozdílný v závislosti na konkrétní technologii, která je využívána. Může se jednat o vstupy jako jsou pohyby, gesta nebo verbální příspěvky (v případě VR nebo AR). V podobě DT mluvíme spíše o číselných vstupech, které u AR a VR nejsou ze strany uživatelských vstupů běžné. Na zmíněné vstupy pak následně uživatel obdrží multisenzorický výstup, a to opět v podobě reálné odpovědi, která se projeví změnou stavu simulovaného prostředí. Interaktivní trojrozměrné (3D) prostředí, které je syntetizováno pomocí počítačových dat, nabízí uživateli pohlcující a někdy až mírně neuvěřitelný pocit reálnosti. [4] [1]

Ve virtuálním prostředí jsme schopni dnes nasimulovat v podstatě jakoukoliv reálnou, potenciální či nereálnou situaci, předmět či živou bytost [4]. Z tohoto důvodu mají virtuální technologie mnoho uplatnění v jakémkoliv průmyslovém odvětví, vzdělávacím systému i v běžném životě každého z nás. Jedná se o jedny z přelomových technologií, které dělají náš život zase o něco lehčí a bezpečnější. [1] Jednotlivá využití těchto technologií v praxi bude blíže představovat kapitola 4.

Nedílnou součástí každé ze zmiňovaných virtuálních technologií je software, jehož význam pro navození pocitu reálnosti je na stejné úrovni jako u hardwarových komponent. U každé z těchto technologií má roli odlišnou, avšak neméně důležitou. [2] V následujících kapitolách budou charakterizovány výše zmíněné virtuální technologie – VR, AR, DT, jejich historický vývoj a průmyslové využití.

2 Historický vývoj virtuálních technologií

Historický vývoj těchto technologií se od samých počátků v polovině dvacátého století a následně také v průběhu vývoje v druhé polovině dvacátého století nesl ve společném duchu. Až později můžeme mluvit o diferencovaném vývoji u jednotlivých virtuálních technologií, které jsme schopni dnes rozlišit.

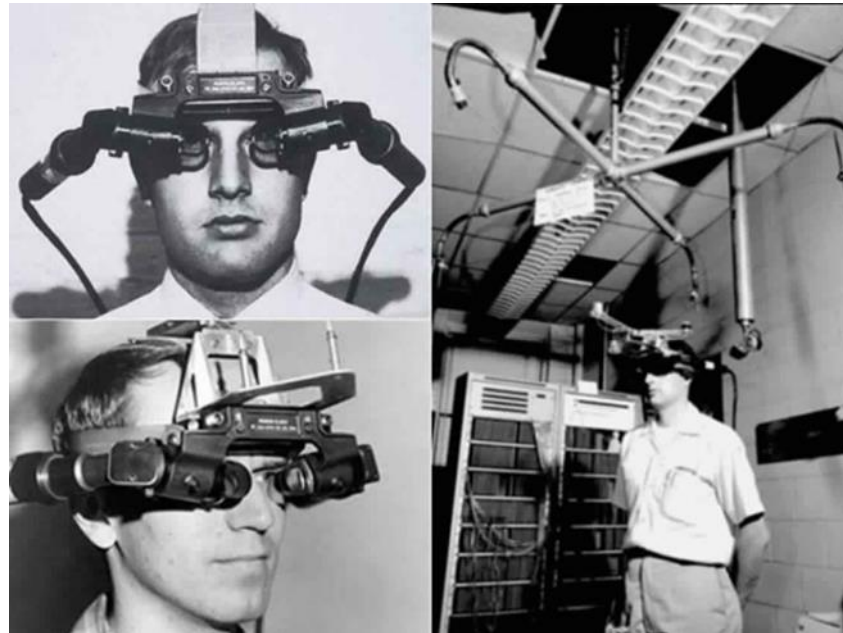
I přes to, že společnost předpokládá, že se v případě virtuálních technologií jedná o novodobý koncept, počátky jejich vývoje sahají mnohem hlouběji než pouze k přelomu tisíciletí [5]. První zmínky o vývoji VR datujeme již do padesátých let minulého století a vděčíme za ně možná trochu nečekaně filmovému průmyslu [6]. Určitě si většina z nás dokáže vybavit velice známou scénu, kde lidé utíkají před plátnem ze strachu sražení lokomotivou. I přes to, že se jednalo o pouhou iluzi promítanou na filmovém plátně, byly tak oklamány divácké smysly a můžeme tak mluvit o prvním předchůdci VR. Zhruba v této době, kdy byla kinematografie ještě v raných počátcích [5], známý americký kameraman Morton Heilig využil své schopnosti z řad filmografie k tvorbě prvního konceptu zvaného Experience Theater. Hlavním cílem tohoto konceptu bylo vtažení diváka do filmového děje stimulováním nejen zrakového a sluchového vjemu, jak tomu bylo doposud, ale zároveň také čichového a hmatového. Myšlenka tohoto konceptu směřovala na začátku 60. let, přesněji mezi lety 1960 a 1962, k tvorbě prototypu zvaného Sensorama vyobrazeného na Obrázku 1. Tento multi-senzorický simulátor umožnil divákům zapojit kromě běžného zraku a sluchu také další smysly. [6] Jednalo se o předtočený barevný film s binaurálním ozvučením (tzn. do každého ucha diváka směřuje jiná výška zvuku a barva tónu), přidanými vůněmi, větrem a vibracemi, které divák v průběhu filmového představení pociťoval. Projekt Sensorama byl tedy prvním cíleným pokusem sestrojení systému VR, který ač byl prostředím stimulující více smyslů diváka, nejednalo se stále o interaktivní prostředí, kterým je VR charakterizována. [2] I přes vysoký potenciál celého projektu však celá realizace skončila dříve, než bylo možné zavést reálnou výrobu, a to z důvodu vysokých počátečních nákladů a nedostatečného zájmu investorů [6].



Obrázek 1: První prototyp předchůdce technologie VR
Senzorama [6]

S neúspěchem prvního projektu si další vývoj musel pár let počkat. V roce 1968 byla myšlenka vytvořit virtuální prostředí a stimulovat tak několik smyslů uživatele znovu obnovena na akademické půdě. V tomto roce byl navrhnout a vytvořen první předchůdce dnešní headsetové technologie, tedy zobrazovacího zařízení připevněného na hlavě uživatele. Za sestavením této průlomové technologie stojí dnes vysoce známý a ceněný počítačový grafik Ivan Sutherland, který je rovněž považován za průkopníka moderní počítačové grafiky. [6] Tento významný vědec již v roce 1965 pronesl nadčasovou myšlenku [5] [2]: „*At' ten svět v okénku vypadá realisticky, zní realisticky, je pocitově realistickým, a at' odpovídá reálným podnětům diváka.*“ Prototyp tohoto zařízení sestrojil na akademické půdě se svými tehdejšími studenty, mezi něž patřil taktéž dnes vysoce ceněný počítačový vědec a grafik Robert Fletcher Sproull [7]. Headsetová technologie, kterou Ivan Sutherland se svým týmem představil, byla však tak těžká, že musela být upevněna na stropě nad hlavou uživatele, jak je znázorněno na Obrázku 2. Jednalo se o zařízení s jednoduchou grafikou přezdívané taktéž Damoklův meč, které bylo schopno uživateli nabídnout pouze jednoduché 3D objekty. [6] Jednoduše ho lze charakterizovat jako na hlavu posazený displej reagující na pohyb hlavy uživatele [5]. Jednalo

se tedy o předchůdce dnešního trackeru a celkově headsetové technologie, o kterých je pojednáno v kapitole 3.1.



Obrázek 2: Předchůdce headsetové VR technologie, tzv. Damoklův meč [70]

Následujících dvacet let, tedy zbytek šedesátých, sedmdesátá a osmdesátá léta, se nesou v duchu vývoje pro různá průmyslová odvětví. V popředí vývoje těchto technologií byl především letecký, automobilový a vojenský průmysl, jak tomu většinou u vývoje a implementaci nových technologií bývá. Pozadu však nezůstala ale ani odvětví jako lékařství nebo geografie. Příkladem pro toto období může být například první virtuální mapa z roku 1978 zobrazující ulice Aspen v letním nebo zimním období. [6] Všechny tyto technologie se nesly v duchu dalšího rozvoje virtuálních technologií, které byly od roku 1971 již schopny podávat zpětnou vazbu na podněty uživatele. Neustále se však jednalo o tvorbu reality ve dvourozměrné (2D) formě. [2]

Technologický vývoj pokračoval v roce 1979, kdy profesor Eric Howlett přišel s další inovací těchto technologií v podobě prototypu LEEP (Large Expanse Extra Perspective), který umožňoval tvorbu stereoskopického obrazu neboli obrazu umožňující uživateli prostorové vidění pomocí speciálních brýlí. Opět se jednalo o předchůdce dnešní headsetové technologie, která tentokrát naprosto ohromila své okolí pocitem hloubky ve scéně. Tento model byl natolik úspěšný, že byl v roce 1985 přepracován pro první implementaci této technologie pro

organizaci NASA. O tomto prototypu mluvíme jako o základním kameni pro podobu dnešních moderních souprav používané pro účely VR. [6]

Z výše zmíněného je zřejmé, že osmdesátá léta se pro vývoj těchto technologií stala přelomová z hlediska technologického vývoje. Za zmínku nepochybně stojí firma VPL, která jako první představila dnes velice populární příslušenství pro VR – Data Gloves. [2]

Obecně se za otce virtuálních technologií však považuje až americký spisovatel, počítačový odborník a vizionář ze Silicon Valley Jaron Lanier, který v roce 1989 poprvé použil termín VR ve své knize jako popis dosud vyvíjených technologií a dal tak tomuto vývoji jednotný směr a označení [2]. Právě Lanierovi jsou připsány zásluhy za rozšíření povědomí o virtuálních technologiích do řad široké veřejnosti. Do povědomí lidí se dostaly díky společnosti, kterou v roce 1984 založil, a která přišla z několika průlomovými technologiemi. Jedná se o technologie, které ve své vylepšené verzi používáme do dnes a které již tenkrát byly natolik dostupné, že si je právě lidé z řad širší veřejnosti mohli dovolit. Příkladem takovéto technologie můžeme uvést Data Gloves (technologie haptického rozhraní, kapitola 3.1.3), AudioSphere (technologie 3D zvuku, sluchové rozhraní) nebo již v té době z hlediska váhy uživatelsky přívětivý VR headset EyePhone (technologie pro vizuální rozhraní, kapitola 3.1.2). Pokroková osmdesátá léta byla završena firmou AutoDesk, která představila v roce 1988 VR technologie kompatibilní s cenově dostupným osobním počítačem. [6]

V devadesátých letech už byly virtuální technologie běžně dostupné na B2C trhu, a to primárně pro využití v herním průmyslu. První headset spolu s Data Gloves a sluchátky byl představen již dva roky poté, co Jaron Lanier VR pojmenoval, tedy v roce 1991. Tyto technologie byly představeny společně s kompatibilní herní konzolí Mega Drive, kdy jejich prodej byl ještě více podpořen spuštěním mezinárodně dostupného multiplayerového (hra pro více hráčů) prostoru arkádové hry společnosti Virtuality. Herní konzole Mega Drive byla představena společností Sega a představovala pro ni jednu z nejúspěšnějších herních konzolí s prodejem skoro 40 miliónů kusů během čtyř let. Herní konzole obsahovala LCD (Liquid Crystal Display) obrazovku, sluchátka a trackovací zařízení pro snímání pohybů hlavy uživatele. Avšak ani dnes velice známá společnost Nintendo na sebe nenechala dlouho čekat a se svojí herní konzolí, která byla vydána o dva roky později, představovala pro společnost Sega hlavního konkurenta. [6]

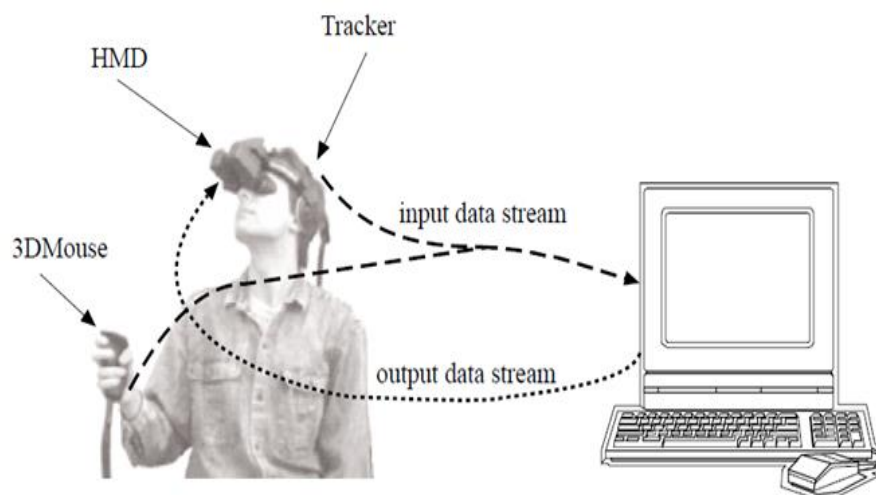
V roce 1992 byl spuštěn projekt, který představoval prototyp první kubické místnosti, tzv. CAVE (Cave Automatic Virtual Environment – kapitola 3.1.2), který by následně představen veřejnosti [2]. Tento projekt původně začal jako diplomová práce Carolin Cruz-Neira z Electronic Visualization Laboratory a skončil jako celosvětově využívané prostředí pro uživatele VR [6]. Jedná se o technologii, která nabízí uživateli pocit VR bez toho, aniž by musel mít nasazený náhlavní displej (Head-mounted Display – HMD), jelikož je virtuální prostředí promítáno na zdi místnosti, ve které se uživatel nachází. Zároveň s tím byly představeny LCD brýle, které bylo nutné mít nasazené, pokud se v prostředí CAVE nacházíte [2].

V souvislosti s historickým vývojem virtuálních technologií úzce souvisí téma shromažďování a ukládání velkého množství dat a rychlost jejich přenosu a zpracování. Se zrychlováním přenosu a zpracování dat a schopností zpracovávat velké objemy dat se zvyšovala i kvalita zobrazování a rychlost zpracování dat i ve virtuálních technologiích. Pojem Big Data je vcelku novodobý termín spadající do druhého desetiletí třetího tisíciletí, avšak shromažďování a ukládání velkého množství dat začalo již v 50. letech 20. století. Jednalo se o období, ve kterém byly představeny první počítače zabírající svým objemem celou místnost. Do 90. let 20. století data rostla relativně pomalu, jelikož počáteční investice pro nákup počítače sahala velmi vysoko a z toho důvodu jich bylo globálně velmi malé množství. Jednalo se především o vysoce strukturovaná data provozních a transakčních informačních systémů. Explozivní nárůst dat a základ pro vznik Big Data představuje příchod WWW. Tato síť byla spuštěna v 90. letech 20. století a vedla k počátkům shromažďování, třídění a analýze velkého množství dat. [8]

3 Virtuální realita, rozšířená realita, digitální dvojče

3.1 Virtuální realita

VR kterou někdy označujeme také jako virtuální prostředí nebo virtuální svět, jako první pronikla do povědomí široké veřejnosti díky hernímu průmyslu, který tuto technologii komerčně uživatelsky zpřístupnil v masivním měřítku na přelomu tisíciletí. Avšak nejen herní průmysl zapříčinil masivní zájem o VR z řad široké veřejnosti. Potenciální milník vysokého zájmu posledních let můžeme stanovit také do roku 2018, kdy Steven Spielberg zfilmoval novelu spisovatele Ernesta Clinese a přinesl na filmová plátna velice úspěšný film Ready Player One, který ještě více zpopularizoval tuto technologii. Tento film popisuje budoucnost lidstva ve světě VR, což podnítilo ještě v témže roce k vysokému nárůstu zájmu o VR technologie na globálním trhu. Vysoký zájem o tyto technologie z řad veřejnosti zapříčinil zvýšení atraktivity tohoto trhu také v oblasti vývoje. Po mnoho let se totiž VR považovala za tzv. mrtvou technologii, jelikož poměr ceny a kvality byl vysoce nepříznivý. Nedostatečnost spočívala převážně v pomalém přenosu velkého objemu dat a neschopnost jejich rychlého zpracování, což vedlo k nízké kvalitě vizualizace. Hlavním problémem byla převážně obrovská počáteční medializace, která vyvolala o technologii obrovský zájem. To však vedlo k tomu, že vývojáři po celém světě nevěnovali dostatečnou pozornost a finance pro vývoj nových technologií a VR se začala technologicky propadat. Nově se VR opět stala středem zájmu až v době, kdy tato technologie začala být cenově dostupnější, a to zejména ve formě headsetu pro herní průmysl. V celosvětovém měřítku se dnes jedná o trh s vysokým potenciálem, kdy se předpokládá jeho meziroční nárůst o několik set miliónů USD, což má za následek zvýšení investiční atraktivity tohoto oboru. [4]



Obrázek 3: Uživatel se základním vybavením pro VR jako součást tzv. virtuální smyčky [2]

V současnosti se v případě VR jedná o vysoce vyspělou simulaci interaktivního 3D prostředí, jejíž technologie jsou mnohem náročnější a složitější než ty, které v sobě nese standardní stolní počítač [5]. Pro simulaci tohoto prostředí je nutné zapojení několika komponent do tzv. virtuální smyčky (Obrázek 3), která je tvůrcem pocitu reálnosti syntetizovaného prostředí. Zjednodušeně řečeno se jedná o vstupní a výstupní zařízení, jejichž datové toky jsou propojeny skrze příslušný software, který tato data zpracovává a mění je na vysílané odpovědi, tzn. výstupy, který uživatel svými smysly zachycuje. [2]

Charakteristik, co VR vlastně je, se objevuje ve světě mnoho. Důležité ale je, že všechny v podstatě říkají to samé. Jedná se o počítačovou simulaci interaktivního prostředí, která je schopna nám v reálném čase poskytnout multisenzorickou odpověď na naše vstupy [2]. Tyto vstupy jsou přenášeny pomocí již zmiňovaných vstupních zařízení, které tvoří jeden z komponentů pomyslné virtuální smyčky. Zařízení tohoto typu mohou být různá vzhledem k požadavkům na zachycení vstupů rozdílného smyslového charakteru (pohyby, gesta, verbální příspěvky). Každé z těchto zařízení je opatřeno řadou velice citlivých senzorů, a to zejména pro zachycení prostorové polohy uživatele (hlava, tvář, nohy, ruce, hrud'). Tyto senzory jsou charakterizovány svými technickými parametry jako je rychlost přenosu informace, latence (čas mezi akcí a reakcí), přesnost (chybovost), rozlišení (drobné pohyby) a rozsah (okruh snímání). Dle principu snímání prostoru lze tyto senzory dělit na magnetické, akustické, optické a mechanické. [5]

Další ze zajímavých definic VR, pojednává o rozhraní člověk-stroj, které na špičkové úrovni kombinuje několik nepostradatelných technologií, jako je počítačová grafika, rozpoznávací technologie, technologie na zpracování reálného obrazu, umělá inteligence (Artificial Intelligence – AI), počítačové sítě, či aurální systémy pro doplnění požitku, kdy výsledná kvalita požitku závisí na kvalitě jednotlivých technologií [9].

Dle současného výzkumu se dá VR charakterizovat na základě třech základních vlastností. První z nich je tzv. tele-přítomnost, která udává pocit výskytu někde, kde se ve skutečnosti fyzicky nenacházíme. Druhou vlastností je interaktivita, která charakterizuje míru, do jaké je uživatel schopen interagovat s virtuálním prostředím, ve kterém se nachází, a to v reálném čase. Poslední ze tří vlastností je rozsah vnoření uživatele do světa VR, tzv. imerze. Imerze je navíc dále popsána pěti dalšími charakteristikami, mezi které patří inkluze (tj. míra vyloučení skutečné reality), senzorický rozsah, rozsah zorného pole, kvalita obrazu a rozlišení a shoda reálných pohybů s vyobrazením ve VR. [4]

O VR lze ve své podstatě říci, že se jedná o klon skutečné reality, který nám dává možnost simulace naprosto čehokoliv reálného či nereálného [2]. Tohoto faktu se následně využívá také pro průmyslové účely, kde simulace potenciálních situací může působit prospěšně v mnoha směrech. Více o průmyslovém využití VR pojednává kapitola 4.1.

Globální trh s technologiemi VR neustále roste. I přes to, že se expertní odhady čísel o růstu tohoto trhu poměrně rozcházejí, všichni se shodnou na tom, že tento trh má do budoucna vysoký potenciál. Dle internetového portálu Statista dosahuje trh VR v roce 2022 hodnoty 11,97 mld. USD, což je skoro o 3,7 mld. USD více, než tomu bylo v roce 2021. Do konce roku 2023 se počítá s nárůstem o další 4 mld. USD a v následujících 4 letech dokonce o 17 mld. USD až na hodnotu 28,84 mld. USD. [10] To, že atraktivita této technologie stoupá dokazují také další statistiky. Podle expertních odhadů dosáhnou v roce 2022 prodeje VR headsetů počtu 19,14 miliónů prodaných kusů, tedy s meziročním nárůstem 34,4 %. Avšak nejvyšší meziroční nárůst byl zaznamenán už v roce 2021, kdy objem prodeje VR headsetů dosáhly nárůstu téměř 82 %. [11] Hlavním důvodem byla vysoká poptávka po těchto technologiích spojená s pandemií COVID-19 ať už v souvislosti s B2B nebo B2C trhem [12].

Pokud bychom měli zmínit TOP 5 lídrů, které na trhu s VR technologiemi jednoznačně dominují, bude první příčka této stupnice obsazena jednoznačně společností Google [13]. Tato společnost se již dříve zasadila o jejich technologický rozvoj, když uvedla na spotřebitelský trh první streetview mapy [6]. Na dalších příčkách se objevují společnosti jako je Microsoft, Sony Corporation, Samsung Electronics nebo HTC a Apple Inc [13]. Jedná se tedy o nepřetržitý technologický boj mezi asijskými a americkými vývojovými společnostmi.

3.1.1 Výstupní zařízení

Stimulace smyslů uživatele VR je hlavním úkolem výstupních zařízení. Jedná se o komponenty, které transformují okamžitou odpověď vypracovanou příslušným softwarem, který přijal a zpracoval data ze vstupních zařízení. Vše se odehrává v reálném čase, což dotváří pocit reálnosti celé simulace. Výstupní zařízení mohou být dělena podle různých kritérií. Příkladem může být dělení podle smyslů, které jsou technologií stimulovány, a to na technologie vizuální, sluchové, haptické, čichové a chuťové. I přes to, že zrakový, sluchový a hmatový vjem jsou dnes již běžně stimulovány, u chuti a čichu se jedná pouze o ojedinělé nevšední případy. [9] V následujících odstavcích budou tato zařízení podrobněji popsána společně s charakteristikou jednotlivých smyslových rozhraní, která jsou schopná stimulovat.

Vizuální rozhraní je pro uživatele tvořeno dvěma hlavními komponenty, a to zobrazovací plochou pro vykreslení detailních struktur a systémem vykreslující polohu celého virtuálního prostoru z pozice uživatele. Jedná se o rozhraní, které uživateli přináší nejvíce informací a zároveň největší požitek. Avšak zařízení, která toto rozhraní stimulují, nemusí být zásadně vyspělého charakteru. [14] Koneckonců stačí nám pouze obyčejné 3D brýle, které mají rovněž tu schopnost oklamat lidský mozek a zároveň zrak, který představuje 70 % lidského smyslového rozvržení vnímání reality [5]. Celkově lze tato zařízení jednoduše dělit na zařízení umístěná na hlavě (brýle, helma) a zařízení umístěná mimo hlavu (monitory, projekory) [14]. Více informací o možnosti vyobrazení VR je uvedeno v kapitole 3.1.2.

Sluchovému rozhraní bylo dříve často ve vývojové fázi věnováno nejméně pozornosti z důvodů vnímání nízkých přínosů k dotváření reálného požitku z VR [14]. Dnes však zvuk hraje při vývoji společně s vizuálem velice důležitou roli, jelikož představuje nenahraditelnou součást pro dokreslování požitku z VR. Jedná se o rozhraní ovlivňující zhruba 20 % smyslového vnímání požitku z VR. [5] Prostorové vnímání zvuku hraje podstatnou a nenahraditelnou roli [9] především pro vysoký stupeň vnímání tele-prezence, která je spjata s lokalizací sluchových signálů, kde je pomocí softwaru vypočítán dosah levého a pravého ucha. Naopak v porovnání s tím je vnímání vzdálenosti zvukového zdroje z hlediska uživatele daleko méně propracované, jelikož je limitováno několika technickými faktory. [14] I přes to však jsme schopni pomocí správné technologie simulace 3D zvuku, který je schopen vyprodukovat řadu aurálních podnětů v různých lokacích [9]. Vnímání sluchových podnětů je ve VR prostoru zprostředkováno technologiemi jako jsou sluchátka nebo reproduktory. Sluchátka oproti reproduktorům umožňují uživateli přesnější vnímání zvuku (žádné ozvěny, rozložení do levého a pravého ucha), avšak jsou spojována s vyšší cenou. [14]

Haptické rozhraní představuje tu část výstupních zařízení, která umožňují uživateli prožít zážitek z tohoto prostředí plně realisticky. Poskytuje možnost a schopnost předměty uchopit, cítit či s nimi manipulovat a pohltnout tak uživatele plnohodnotně do virtuálního prostoru. [14] Při využití haptického rozhraní je nepostradatelně nutná okamžitá zpětná vazba prostředí, jelikož napodobuje proces fyzické interakce s virtuálními objekty [15]. Haptické prostředí představuje manuální interakci mezi těmito realitami a v případě hmatu také zpětnou vazbu, což je hlavním rozdílem oproti předchozím dvěma rozhraním, které lze nazvat čistě outputovými. Haptických zařízení existuje na trhu celá řada, od jednoduchých zařízení vibrujících na příkaz softwaru, přes volant pro simulaci jízdy, rukavic, cvičných nástrojů (např.: nástroje pro výcvik mediků) až po celý exoskelet. [14] Avšak i přes vysokou variabilitu haptických zařízení pro VR a jejich schopnosti vytvořit několik druhů zpětných vazeb haptického charakteru, se dnes setkáváme běžně převážně s jednoduchou zpětnou vazbou těchto zařízení v podobě pouhých vibrací. Důvodem tohoto jevu je opět finanční dostupnost těchto zařízení, kdy většina uživatelů si s pouhým vibracemi při simulaci VR vystačí. [15]

Čichové rozhraní nyní představuje vývojovou oblast, která je narozdíl od všech výše zmíněných v počátcích vývoje. Vývojáři zabývající se rozvojem VR technologií se však shodnou v názoru, že čichová oblast, resp. přídavek pachů, je nezbytnou součástí pro dokonalé dotvoření požitku virtuálního světa [14]. Zatímco většina technických řešení pro tzv. čichový displej byla až doposud převážně součástí headsetů, v roce 2022 bylo skupinou švédských vývojářů představeno nové technické řešení tohoto rozhraní. Vědecká práce švédského týmu spočívala ve vývoji čichového displeje připojeného k ovladači, který má uživatel k dispozici a je schopen pomocí něj s objekty ve VR manipulovat (přibližovat, oddalovat, otáčet) a očichávat si je podobně jako by tomu bylo v reálném světě. Zařízení je schopno dle vývojářů produkce jakékoliv směsi pachů vzniklé smícháním čtyř dostupných vůní ze základní sady. Zároveň se díky 3D tisku standardních komponent jedná o finančně dostupnější variantu, než tomu bylo u technického řešení založené na HMD systému. [16]

Chut'ové rozhraní je zatím celkově nejméně probádanou oblastí. Obecně však lze říct, že v budoucnu se bude jednat o vysoce ceněný nástroj především v marketingu umožňující ovlivnění zákazníka ve svůj prospěch. Technicky se však jedná o náročnou realizaci, jelikož lidské chuťové systémy závisí na chemických reakcích uvnitř organismu. Řekněme tedy, že jsme závislí na vývoji správné chemické technologie, která nám umožní plnohodnotný multi-smyslový zážitek, jehož účel je jakýkoliv. [17]

3.1.2 Technické možnosti vizuálního rozhraní VR prostředí

Jak již bylo v předchozí kapitole zmíněno, vizuální rozhraní je podstatou VR, která je promítána uživateli. Typů výstupních zařízení vizuálního charakteru lze identifikovat mnoho, obecně je však lze klasifikovat jako obrazovky, projektory, HMD či holografická zařízení. Ne všechna ze zmíněných jsou však schopna navodit plný pocit ponoření uživatele do reality. Mluvíme především o běžných obrazovkách či projektorech, které jsou však cenově uživatelsky více dostupné. [18] Aby však bylo dosaženo plného efektu imerze je požadována okamžitá odezva zařízení, a to kratší než 0,1 s a snímková frekvence menší než 10 snímků za sekundu, což zabraňuje blikání a přesakování obrazu. Tyto požadavky přispívají k neustálému vývoji dokonalejších zařízení, které vedou k požadované úrovni imerze. [19]

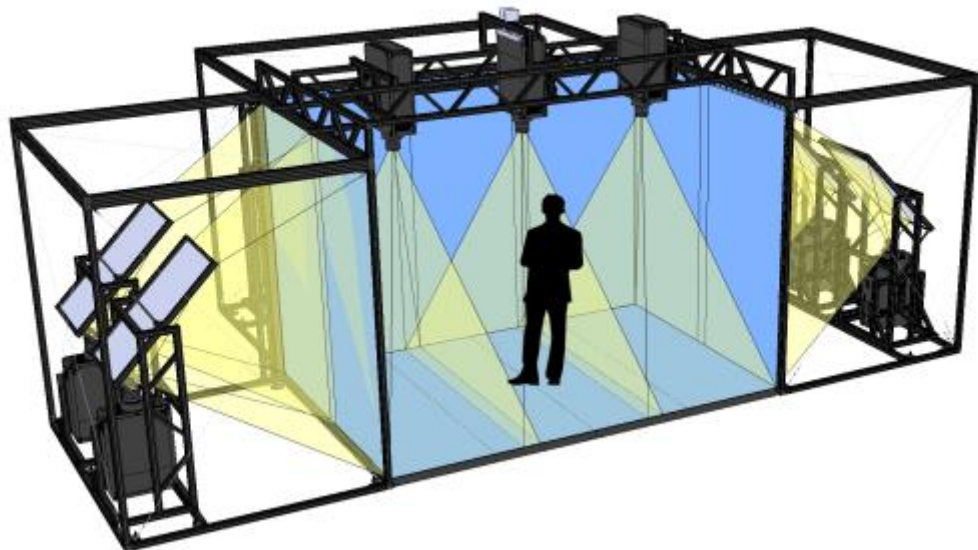


Obrázek 4: Využití HMD pro VR v praxi [72]

HMD, či headsetové zařízení bylo ve své jednoduché podobě známo již ke konci sedmdesátých let minulého století v podobě Damoklova meče (viz kapitola 2). Jedná se o zobrazovací zařízení připevněné na hlavě uživatele, jak je znázorněno na Obrázku 4. Avšak popularita tohoto zařízení začala stoupat až v posledním desetiletí s nástupem technologie zvané Oculus Rift [18]. Oculus Rift je zjednodušeně řečeno nejmodernější zobrazovací technologie v podobě HMD, která je běžně párovatelná s počítačem či mobilním telefonem, a která umožňuje uživateli rozhlédnout se jakýmkoliv směrem ve virtuálním světě. Hlavní

přednost této technologie však spočívá v usnadnění problému se závratěmi a jiného typu pocitu nevolnosti spojeného s využitím HMD předchozího provedení. [20] HMD se dají obecně rozdělit do dvou kategorií, a to na obrazovky s vysokým rozlišením, které kompletně zastíní obraz reálného světa, a na malé optické projektory na principu optických průhledných čoček, které virtuálními prvky dokreslují reálný svět. První typ je využíván v případě VR, druhý typ pak pro AR. [18]

CAVE je jedna z vysoce oblíbených zobrazovacích technologií VR, a to především díky své schopnosti naprostého pohlcení uživatele do imerzního světa [21]. Jedná se o zařízení s několika stěnami, kdy na všech těchto stěnách (v některých případech včetně podlahy a stropu) je promítán obraz interaktivního prostředí pomocí několika promítacích zařízení [22]. Základní princip tohoto zobrazovacího zařízení je znázorněno na Obrázku 5. CAVE má oproti rozšířenějšímu a již zmiňovanému HMD několik výhod. V první řadě nepředstavuje pro uživatele zatížení v podobě nutnosti upevnění zobrazovacího zařízení na hlavu, takže se stává pohodlnější a přirozenější než zmiňovaný HMD [23]. Další výhodou je pak možnost interakce s dalšími uživateli, kteří se v CAVE mohou nacházet zároveň, a v neposlední řadě také lepší pocit přítomnosti uživatele ve VR díky většímu zornému poli [24]. Na oblíbenosti CAVE mezi



Obrázek 5: Zobrazovací technologie CAVE pro VR [66]

uživateli dodává také to, že není spojována s kybernetickou nemocí (nevolnost, motání hlavy), která se vyskytuje při využití HMD. HMD je totiž schopno generovat snímky až s určitým zpožděním, avšak systém CAVE je schopen zobrazit několik obrazů na svých stěnách současně, a tak eliminovat zmiňované prodlevy. [23]

3.1.3 Vstupní technologie

Primárním úkolem vstupního neboli inputového zařízení je umožnit komunikaci uživatele se softwarem, a to co nejpřirozenějším způsobem. Ideálně tak, aby uživatel přítomnost tohoto zařízení vůbec nepocítil. [2] Inputová zařízení tedy zprostředkovávají interakci uživatele s virtuálním světem prostřednictvím vyslaných signálů o aktivitě uživatele do systému, které jsou následně softwarem vyhodnoceny [9]. Mezi vstupní zařízení, můžeme zařadit i tak jednoduchá zařízení jako jsou myš, joystick, klávesnice [14], dále pak bodová vstupní zařízení, hlasová zařízení a skupinu sledovacích zařízení pro zachycení polohy uživatele (tzv. tracker), kam lze zařadit rukavice (tzv. Data Gloves), nástroje různého charakteru (hůlka, tužka) či přímo trackovací oblek, který obsahuje několik set polohovacích senzorů [25].

Za **bodové vstupní zařízení** lze označit například běžně používanou 3D myš, jejíž princip spočívá v technologickém rozšíření běžné stolní myši, a to pro adaptaci funkcionality pro 3D prostor [9]. Každá taková myš se skládá ze dvou částí – vertikální a horizontální. Každá ze zmiňovaných částí pak obsahuje různá tlačítka, kdy pomocí jejich kombinací vytváří uživatel rozdílné pozice ve virtuálním prostoru. [26]

Hlasová komunikace v počátcích spočívala pouze v běžné komunikaci mezi uživateli, avšak dnes je možné mluvit zároveň o využití AI, která je schopná rozpoznat a zpracovat hlas [9], který následně vyhodnotí pro okamžité zaslání odpovědi.

Tracker je považován za nejdůležitější vstupní zařízení, na kterém stojí celá interaktivita tohoto systému. Jedná se o zařízení, které zprostředkovává softwarové části VR informace o uživatelově reálné poloze a prostorové orientaci (pohyb jednotlivých částí těla) [14]. V podstatě lze říct, že toto zařízení je schopno přenosu jakéhokoliv reálného objektu do světa VR, avšak nejčastěji jej používáme pro vytváření virtuální kopie sebe samých. Trackovací zařízení vytváří na základě našich pohybů a gest lidskou kopii ve virtuálním světě v podobě avatara. Tracker může být součástí HMD nebo je možné jej jednotlivě připevnit na jakoukoliv část těla uživatele (Obrázek 6). Toto zařízení dává uživateli možnost pohodlnějšího, pohlcujícího a realističtějšího zážitku z virtuálního prostředí. Technické provedení polohovacího systému je založeno na několika rozdílných principech (např. infračervené záření), a to podle stupně technické pokročilosti, druhu a také výrobce tohoto zařízení. [27] Jak je znázorněno na Obrázku 6, jsme dnes schopni toto zařízení mít pouze ve velikosti hodinek, což umožňuje větší volnost v pohybu uživatele VR.



Obrázek 6: Inputové zařízení tracker od společnost HTC Vive umožňující kopírování pohybů lidského těla do analogické postavy ve světě VR [71]

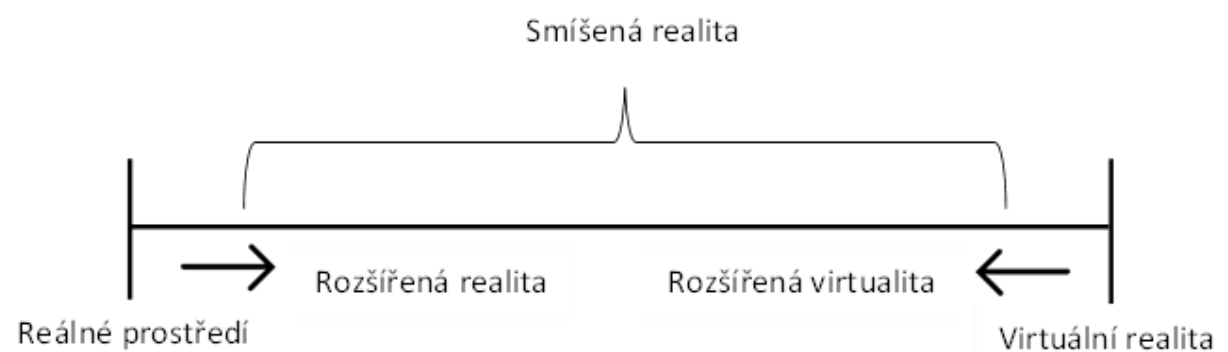
Data Gloves jakožto jeden z příkladů výše zmíněného trackovacího zařízení, jsou založeny na princip sledování pohybu celé ruky pomocí řady senzorů, které se na nich nachází. Takto citlivé senzory jsou schopny rozpoznat jednotlivé pohyby dlaně i každého prstu zvlášť. Tato zařízení, které mají vzhled klasických rukavic, jsou děleny do několika skupin podle toho, zda jsou drátové či bezdrátové, a také podle typu a počtu použitých senzorů. [28]

3.2 Rozšířená realita

AR je jednou z dalších virtuálních technologií, která je v dnešním světě hojně využívána. Základní definice charakterizuje AR zjednodušeně jako technologii, která kombinuje virtuální informace s reálným světem pomocí jednotlivých technologických prvků [29]. Jedná se o nepřímý pohled na fyzické prostředí reálného světa v reálném čase, do kterého byly zasazeny virtuální prvky ve 3D zobrazení [30]. Tyto prvky jsou ve formě informací generovány počítačovým softwarem a předkládány uživateli ve formě textu, obrázků, 3D modelů, hudby, videa atd. [29].

Hranice mezi virtualitou a realitou je však v případě této technologie velice tenká. Z tohoto důvodu je možné zároveň rozlišovat tzv. rozšířenou virtualitu (Augmented Virtuality – AV), která je s AR velice úzce spojena právě skrze zmiňovanou hranici. Rozdílem mezi AR a AV je právě míra virtuality, která se v realitě nachází. Pokud budeme mluvit o AR, uvažujeme o reálném prostředí doplněném o virtuální prvky [30],

což vede k vylepšení reálného světa [29]. Avšak v případě AV je tomu přesně naopak. AV představuje virtuální svět doplněný o reálné prvky, kdy toto prostředí má tedy blíže k čisté VR. Jak vyplývá z Obrázku 7, o AR i AV lze mluvit zároveň jako o smíšené realitě (Mixed Reality – MR). [30]



Obrázek 7: Grafické zobrazení problematiky hranic mezi virtualitou a realitou
(vytvořeno na základě [30])

I přes to, že dnes je AR technologie velice známa a skloňována mnoha vědeckými institucemi i konečnými uživateli po celém světě, její počátky se datují k projektu Sutherlanda a jeho Damoklova meče v šedesátých letech minulého století (kapitola 2). Avšak v tehdejšímu projektu ještě nebyla tato technologie oficiálně pojmenována. O pojem AR se v osmdesátých letech minulého století zasadili dva vědci společnosti Boeing Corporation Tom Caudell a David Mizellem, kteří vyvinuli zjednodušenou technologii AR pro zefektivnění výrobního procesu letecké společnosti [31]. Konkrétně se jednalo o zjednodušení kompletace kabelových svazků [32]. Avšak přesná definice AR byla formulována až o dalších deset let později, tedy v devadesátých letech minulého století, Milgramem a Kishinem [33]. Tito pánové definovali AR jako vztah mezi reálným a virtuálním prostorem a všemi intermediálními formami smíšeného prostoru. Mimo výzkumné laboratoře se AR dostala až na přelomu tisíciletí [31], tedy o něco později, než tomu bylo v případě VR.

Ač se může AR zdát jako nedokonalá VR, opak je tomu pravdou. Je až neuvěřitelné, že přesto, že AR nepohlcuje uživatele do čistě virtuálního prostředí, jak je tomu u technologie VR, jedná se o technologii, která je charakterizována jako ještě více pohlcující. Hlavní podíl na tom má především zlepšení uživatelského vnímání na základě realističnosti, která uživateli poskytuje vyšší interakci s fyzikem, a tím podněcuje k vyšší ostražitosti smyslů. AR stejně jako VR může potenciálně působit na většinu smyslů uživatele, tedy hmat, čich, zrak a sluch, díky čemuž lze tuto technologii využít k rozšíření nebo substituci smyslů u smyslově znevýhodněných jedinců. Pokud bychom toto využití chtěli blíže vysvětlit, vezměme jako

příklad zrakově znevýhodněného, či přímo nevidomého jedince, kterému jeho chybějící smysl substituujeme rozšířením zvukových podnětů v jeho okolí. [30]

AR byla v minulých letech uvedena několika organizacemi jako jedna z nejperspektivnějších technologií budoucnosti. Její vysokou perspektivu dokazuje také počet vědeckých i průmyslových institucí, které se na vývoji této technologie podílejí. Příkladem lze uvést několik univerzitních pracovišť po celém světě, společnost Boeing nebo počítačovou laboratoř SONY, Microsoft, Meta a Google. Výzkum na těchto pracovištích se zaměřuje především na vývoj algoritmů, zdokonalení interakce mezi člověkem a počítačem, vývoj hardwarových a softwarových platforem a vývoj grafické stránky. [29]

3.2.1 Technické možnosti AR

Hlavní překážkou AR k uživatelské popularitě byla ještě před několika lety cenová nedostupnost zařízení. V dnešní době však popularita této technologie stoupá v mnoha odvětvích, a to především díky využití běžně dostupných zařízení. Jedná se o aplikování AR skrze chytré mobilní telefony, tablety [31] nebo laptopy. Jednoduše řečeno v podstatě cokoliv, co má obrazovku, zabudovaný fotoaparát, jednoduchý zpracovatelský software a potřebné senzory, je možno využít pro instalaci aplikace AR [31]. Pokud hovoříme o technologických zařízeních pro AR, nemluvíme pouze o její implementaci do běžně dostupných zařízení. Uživatel má samozřejmě možnost nákupu speciálních nosných zařízení pro AR v podobě brýlí, celé náhlavní soustavy nebo dokonce kontaktních čoček [31]. Mezi klíčové technologie AR řadíme technologie inteligentního zobrazení, technologie 3D registrace a technologie inteligentní interakce. Tyto technologie jsou zároveň základními pilíři při vývoji AR. [29]

Technologie inteligentního zobrazení patří do popředí toho, co navozuje hloubku uživatelského požitku z AR, jelikož vizuální stránka představuje pro uživatele více než 70 % získaných informací. Se skokovým vývojem informačních a komunikačních technologií se setkáváme se stále dokonalejšími zařízeními, které z hlediska inteligentního zobrazení můžeme rozdělit do třech hlavních kategorií. [29] První ze zmiňovaných kategorií je kategorie HMD (viz kapitola 3.1.2.) Je však nutné zmínit základní rozdíl mezi HMD pro VR a AR. HMD pro AR, na rozdíl od HMD od VR, nezobrazuje uživateli kompletně syntetizované prostředí, avšak pouze jednotlivé virtuální prvky vsazené do reálného prostředí. Druhá ze zmiňovaných kategorií je kategorie malých, tzv. kapesních zařízení, mezi které lze zařadit chytré mobilní telefony, pomocí jejichž displeje lze prvky AR prezentovat. Třetí

kategorií je kategorie ostatních zobrazovacích zařízení, do které patří obrazovky stolních počítačů, které získávají data ze skutečného světa pomocí kamer. [29]

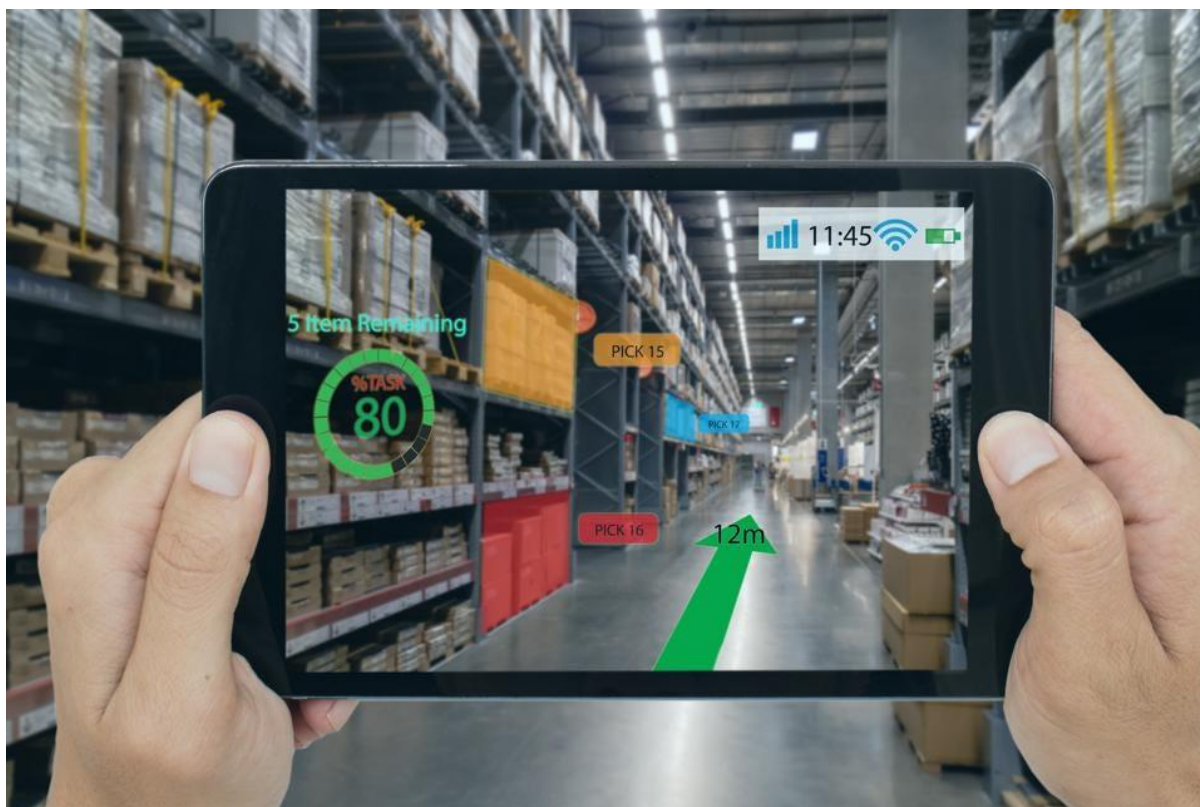
Technologie 3D registrace umožňují registrovat polohu uživatele a tím tak přesné vkládání virtuálních prvků do reálného prostředí. Tyto technologie lze opět rozdělit do třech základních kategorií, a to na hardwarové trackery (kapitola 3.1.3.), počítačové vidění a technologie založené na bezdrátové síti, kdy nejhojněji jsou však využívány první dvě varianty. Technologie počítačového vidění jsou založeny na stanovení referenčního bodu, který určuje směr a polohu reálné scény [29] a na základě toho integrovat virtuální objekty do reality. Avšak tato technologie je založena na složitém principu AI a zpracování obrovských objemů dat [32].

Technologie inteligentní interakce je úzce spjata s předchozími dvěma technologiemi a zároveň s několika vědními obory jako je ergonomie či kognitivní psychologie. Jedná se o interakce mezi uživatelem a virtuálními objekty generované touto technologií. Uživatel takto může interagovat s různými objekty, kterým lze dávat pokyny. Pokyny jsou softwarem zpracovány a následně je na ně odeslána zpětná vazba, což umožňuje vytvoření lepšího požitku z AR, to vše samozřejmě v reálném čase. [29]

3.2.2. Technické možnosti vizuálního rozhraní pro AR

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, 70 % veškerého požitku je vnímáno pomocí vizuálního rozhraní. Z tohoto důvodu je i u technologie AR na toto rozhraní kladeno takový důraz [29]. Technologie vizuálního rozhraní pro AR mohou být obecně rozděleny do tří základních oblastí: technologie umístěné na hlavě uživatele (HMD, chytré brýle, kontaktní čočky), technologie v ruce uživatele (tablety, počítače, telefony), technologie instalovaná v okolním prostředí (projektory) [34].

Tablety, telefony a počítačové obrazovky patří do skupiny technologií v ruce, kdy tato kategorie je charakterizována tím, že svazuje alespoň jednu ruku uživatele. Nejedná se tedy o technologie handsfree. [34] Základní princip těchto zobrazovacích zařízení pro AR spočívá v zabudovaných senzorech, které jsou schopny pomocí kamery a příslušné aplikace dosadit požadované virtuální objekty do reálného světa, jak je znázorněno na Obrázku 8. Zařízení je tedy nutno ovládat proaktivně [35]. Z toho vyplývá, že v podstatě každý uživatel, kterému je poskytnuta vhodná aplikace, je schopen AR využívat. Tohoto jednoduchého principu se používá převážně v oblasti marketingu.



Obrázek 8: Aplikace AR pomocí tabletu v logistickém procesu [67]

HMD je další zařízení, která je v této technologii hojně využívána. Blíže byla tato technologie popsána v kapitole 3.1.2. Její podstata je pro technologii AR naprosto stejná pouze s tou výjimkou, že nepředkládá uživateli kompletní virtuální prostředí, ale pouze virtuální objekty zasazené do reálného prostředí.

Chytré brýle (Smart Glasses – SG) je jedna z vizuálních technologií AR, které dle expertních odhadů vykazuje vysoký potenciál do budoucna [34], a to vzhledem ke své praktičnosti (lehké, uživatelsky jednoduché, nízké počáteční náklady). Toto nositelné zařízení dosazuje virtuální objekty do reálného prostředí přímo v zorném poli uživatele. Virtuální objekty jsou generovány pomocí informací uložených v připojeném zařízení nebo stahovány pomocí mobilního připojení k internetu. Za přední vývojáře SG můžeme považovat známé firmy, které často investují do vývoje moderních technologií – Google (technologie Google Glass), Microsoft a Meta. Tyto firmy v této technologii vidí převážně mediální potenciál [35], jelikož již v roce 2015 byly SG odbornou prognózou [36] označeny za další velkou věc ve vývoji mediálních technologií, což se postupem času potvrzuje a firmy tak do vývoje investují nemalé sumy. Hlavní výhodou tohoto zařízení je stejně jako u HMD jeho handsfree vlastnost [37], kdy tyto brýle jsou schopny fungovat v podstatě autonomně s

pomocí hlasového ovládání [35]. Další výhodou je pak schopnost zobrazovat informace v plném 3D rozlišení a také to, že displej se nachází přímo v zorném poli uživatele a uživatel je tak plně vtažen do světa AR, na rozdíl od technologií umístěných v ruce uživatele.



Obrázek 9: Reálný pohled skrze SG při procesu údržby/installace zařízení, uživatel využívá vizuálního i sluchového rozhraní za pomoci instrukcí dalšího uživatele [68]

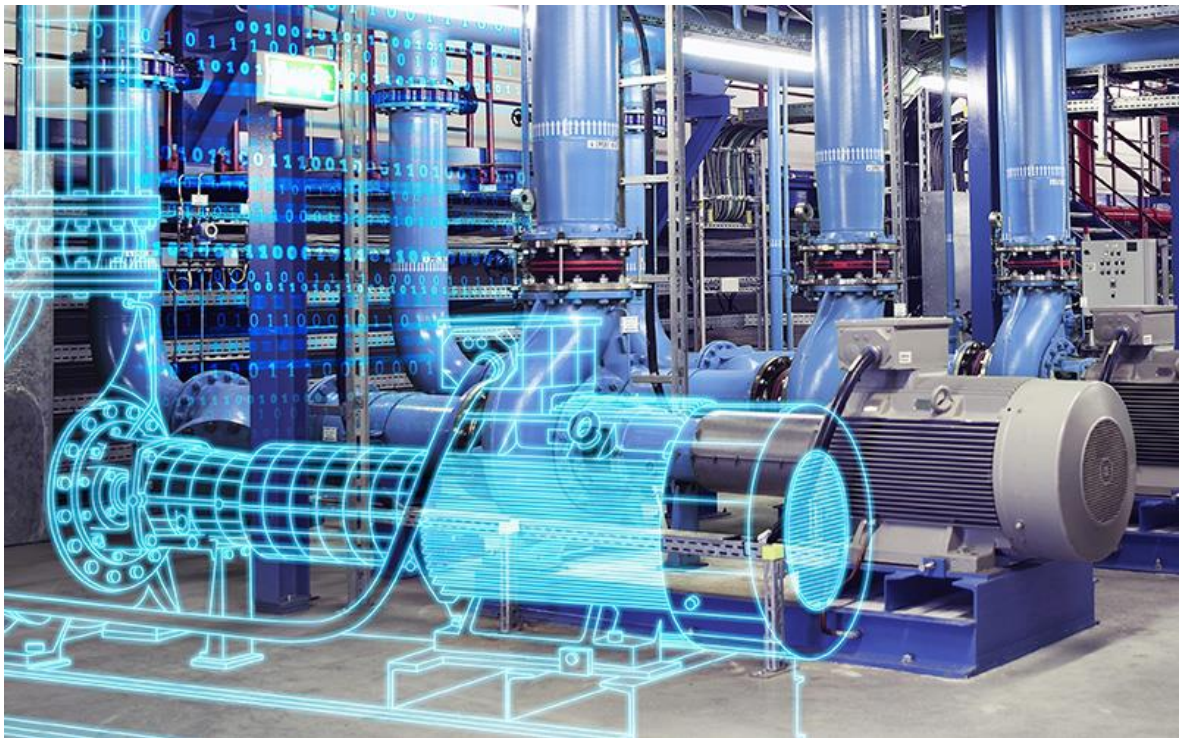
Hlavní nevýhodou SG je však jejich stále omezená životnost baterie a fakt, že jejich schopnost pohlcení uživatele stále není na tak dokonalé úrovni jako v případě HMD [37]. Reálný pohled skrze SG nabízí Obrázek 9.

3.3 Digitální dvojče

DT je jedna z dalších virtuálních technologií, jejíž podstata je založena na syntéze dat ve virtuálním prostředí v reálném čase [38]. Avšak již několik let před první prezentací modelu DT byla známá tzv. fyzická dvojčata, kde vedle reálného zařízení stál jeho realistický model, který sloužil k simulaci určitých procesů [39]. Prvotně byla tato fyzická dvojčata představena již někdy okolo roku 1960, kdy těchto principů využívala především NASA [40].

Prvotní popis konceptu DT byl představen v roce 2003 na odborné přednášce [38] na téma management životního cyklu produktu [39], kde původce této technologie Michael Grieves ve spolupráci s Johnem Vickersem z NASA [38], kde se tato technologie hned od počátku stala středem zájmu [39], definovali DT jako virtuální reprezentaci fyzického

produktu, jež obsahuje o tomto produktu informace. Již dříve však Grieves v odborném článku definoval DT jako technologii sestávající se ze tří základních komponent – fyzický objekt, virtuální reprezentace tohoto objektu a obousměrný datový tok umožňující přenos dat mezi virtuálním a fyzickým objektem [41]. Moderních definic, co přesně DT je, existuje v dnešní době nepřeborné množství. Jejich podstata však zůstává stále stejná už od zmiňovaného roku 2003. Podle VanDerHorna a Mahadevana [38] lze tyto definice zobecnit do jedné, kde DT charakterizují jako: „*Virtuální reprezentace fyzického systému (a jeho přidruženého prostředí a procesů), která se neustále aktualizuje výměnou informací mezi fyzickým a virtuálním dvojčtem*“. DT je tak zjednodušeně řečeno dokonalým digitálním protějškem fyzického systému, který lze použít k simulaci různých účelů. Tento model využívá dat získaných v reálném čase, díky permanentní výměně informací s fyzickým objektem. Digitální podoba objektu by tak měla obsahovat veškeré aktuální údaje o reálném objektu [39]. Vizualní podstatu těchto definic lze vidět na Obrázku 10.



Obrázek 10: Zobrazení reálného objektu a jeho DT v podobě výrobního zařízení [69]

Popularita DT na trhu neustále stoupá, a to především díky jeho širokému uplatnění a uživatelsky atraktivním vlastnostem. Tato technologie umožňuje například tvorbu nových obchodních modelů či tvorbu systému pro podporu rozhodování a řízení. DT zároveň vykazuje v případě implementace mnoho uživatelských výhod, mezi které patří úspora nákladů,

snížení rizik a zároveň zvýšení bezpečnosti sledovaných procesů, zlepšení efektivity procesu, zlepšení nabídky služeb zákazníkům či spolehlivost a pružnost celého systému. DT pomáhá také při ekonomických procesech jako je optimalizace či prognózování (viz kapitola 4.3). [38]

Fyzická realita je termín reprezentující fyzický objekt, který je předmětem modelování. Tuto realitu lze dále rozdělit na fyzikální systém, fyzické prostředí a fyzikální procesy, kdy všechny tyto skutečnosti jsou součástí následného modelování ve virtuálním prostředí. Fyzikální systém je tvořen jednotlivými entitami, které jsou propojeny a zároveň jsou schopny mezi sebou interagovat. Každá z těchto entit je vymezena v prostoru a čase a zároveň je vymezena strukturou či účelem. Za fyzikální systém lze považovat jednu strojní součástku, část stroje, stroj jako celek či systém propojených výrobních zařízení. Jde v podstatě jen o to, jak si fyzikální systém z hlediska našeho zájmu nadefinujeme, tzn. jakou část chceme pomocí DT simulovat. Fyzikální systém je obkloповán fyzickým prostředím, které se systémem pomocí fyzikálních procesů interaguje. Pro lepší pochopení problematiky fyzikálního systému a fyzického prostředí lze uvést příklad aditivní výroby, kde fyzikální systém představuje 3D tiskárna obklopena fyzikálním prostředím, které je charakterizováno teplotou prostředí, prouděním vzduchu či vibracemi. Fyzikální procesy jsou charakterizovány projevem fyzického prostředí, kdy tímto způsobem lze vyjádřit změnu stavu fyzikálních entit, které jsou součástí simulovaného systému. Příkladem fyzikálního procesu ve výrobě může být proces odlévání, kování či svařování. [38] Současný vývojový stav moderních technologií umožňuje ve virtuálním prostředí tedy zrcadlit nejen fyzikální systémy v jejich fyzickém prostředí, ale zároveň také jednotlivé fyzikální procesy (výrobní proces), které jsou předmětem reprodukce ve virtualitě stejně tak, jako tomu je ve fyzické realitě [39].

Jak již bylo výše zmíněno, primární motivací implementace DT je sledování vývoje systému v čase, kdy tato skutečnost napomáhá k prognózování určitého chování systému v budoucnu a následnému manažerskému rozhodování o dalších krocích. Dalším využitím je pak optimalizace simulovaných procesů a tím zvýšení jejich efektivity. Systém DT je dále využíván pro zjištění informací o momentálním stavu systému, kdy tento stav se mění na základě vlastních vstupů (interakce s prostředím). V podstatě jde o vytvoření hypotézy o chyceném fungování fyzikálního systému při daných fyzikálních procesech pomocí technologie DT, kdy je na základě simulace rozhodnuto o souladu simulovaných výsledků s požadovanými. V případě nesouladu se průběh fyzikálních procesů v DT upraví a proces kontroly shody se opakuje do úplné spokojenosti s výsledky. [38]

Virtuální reprezentace objektu osahuje podobně jako fyzická realita tři základní části, a to virtuální systém, virtuální prostředí a virtuální procesy [38]. Každá z těchto skutečností je odrazem skutečností fyzických (reálných), které byly popsány v předchozím odstavci. Virtuální systém obsahuje informace o fyzikálním systému a zobrazuje ho ve zvoleném stupni abstrakce. Stejně tak virtuální prostředí je virtuálním odrazem prostředí fyzického se zvolenou úrovní abstrakce, který je založený na získaných datech. Virtuální procesy popisují změnu stavu fyzikálního systému v čase, kdy tato simulace napomáhá primárně při rozhodovacích procesech a procesech optimalizace. Takováto simulace je založena na principu výpočtových modelů a změně stavu systému, který je ovlivňován svými vstupy a výstupy. Vztahy vstupů a výstupů jsou zde dány známými fyzikálními zákony či jsou generovány pomocí datově řízených modelů. Celá tato problematika pak úzce souvisí s tématem strojového učení či AI, kdy tyto technologie tvoří základy pro simulační modely pomocí shromážděných dat. [38]

Obousměrný datový tok představuje proces, při kterém se data získaná ve fyzické realitě přenáší do virtuální simulace. Aby byl stav virtuálního modelu stále aktuální, je zapotřebí, aby proces propojení mezi dvěma realitami probíhal ve třech základních krocích: sběr relevantních dat o stavu fyzické reality, zpracování dat na potřebné informace a aktualizace stavu virtuální simulace. Proces sběru dat se uskutečňuje pomocí instalovaných senzorů a následně přenáší pomocí internetu věcí (Internet of Things – IoT). [38] DT tak skokovým tempem přesouvá společnost od zpracovávání neforemných dat o reálném objektu ke konzistentnímu formátu plného algoritmických principů popisujících tento reálný protějšek tohoto digitálního zobrazení [39].

Pokud bychom doposud získané informace o DT chtěli přesunout do výrobního prostředí a modifikovat tak definici přímo na míru výrobnímu procesu, lze DT definovat dle Negriho [42] takto: „DT se skládá z virtuální reprezentace produkčního systému, který je schopen běžet na různých simulačních disciplínách, které se vyznačují synchronizací mezi virtuálním a reálným systémem, díky snímaným datům a připojeným chytrým zařízením, matematickým modelům a zpracováním dat v reálném čase.“ Takto digitálně vyobrazený výrobní proces umožňuje dokonalou simulaci procesu reálného [39].

3.3.1 Vstupní zařízení

Vzhledem k tomu, že koncept DT je založen na realistickém virtuálním zobrazení reálného objektu, je tato technologie závislá na vstupních zařízeních, které informace o fyzickém objektu virtuálnímu modelu v reálném čase dodávají. Vstupní zařízení, kam lze zařadit různé typy senzorů, dodávají data do příslušného systému, kde jsou následně shromažďována, analyzována a využívána pro aktualizaci či vyhodnocení požadovaných výsledků pomocí technologie DT. [43]

Data, která jsou pomocí této technologie zpracovávána, musí být složitějšího a komplexnějšího charakteru než běžná výrobní data [44]. Zařízení, která tyto data sbírají a následně odesílají na další zpracování, se označují jako senzory. Senzorů dodávajících data do DT modelu je nespočet druhů. Tyto druhy lze členit do kategorií podle toho, jaká data mají do systému přinášet, tzn. jaká data mají snímat. Lze tak rozlišit například senzory snímající životní funkce živých bytostí, senzory pro snímání stavových veličin okolního prostředí či prostředí ve výrobním zařízení (teplota, tlak, koncentrace), senzory pro snímání rychlosti, senzory pro zachycení tvaru objektu, senzory pro čtení textu či senzory pro zachycení aktuální polohy a náklonu objektu. Ve své podstatě mluvíme o zachycení aktuálního stavu a podoby objektu našeho zájmu. Takto je DT pomyslně rozdělována na průmyslové DT a lidské DT. Toto téma vysoce úzce souvisí s AI a strojovým učením, kdy aktuální data jsou porovnávána s daty historickými, což následně napomáhá k autonomnímu vylepšení a model se tak stává přesnější a spolehlivější. [43]

Kamerové systémy získávající vstupní data pro DT jsou inteligentnější verzí běžných kamer, které pouze zachycují obraz (např. základní bezpečnostní kamery). V tomto případě se jedná o inteligentní kamerové systémy se zabudovanými senzory či zvláštními přidanými funkcemi (např. čtení textu), které generují data pro následné zpracování a sdílení s DT. Příkladem inteligentních průmyslových kamer mohou být kamery pro snímání teploty, tlaku, barvy, koncentrace nebo kamery pro čtení textu.

Kamery se schopností zpracování obrazu jsou zařízení často využívána především jako nástroj strojového vidění. Jedná se o kamerové systémy se schopností optického rozpoznávání znaků (Optical character recognition – OCR), tedy převodu ručně psaných či tištěných textů a obrázků do virtuální podoby v požadované formě [45] pro úpravu, vyhledávání a zobrazování online pro další zpracování [46]. Jedná se o proces čtení znaků a jejich následného rozpoznávání na základě linií a křivek, který jednotlivé znaky porovnává s dostupnou databází. Vždy však existuje určitá míra rizika v přesnosti rozpoznání. Primárně byly tyto systémy navrženy jako

pomůcky pro čtení znaků pro nevidomé [45], a to již v první polovině 20. století [46]. Dnes jsou tato zařízení často využívána pro čtení státních poznávacích značek u pozemních vozidel, ve formě aplikací pro skenování dokumentů nebo jako průmyslové kamery pro rozpoznávání psaného textu v jakékoliv formě (např. kódy výrobků a polotovarů, čtení stavových veličin atd.).

3.3.2 Datový přenos

Ke konci dvacátého století započal obrovský nárůst dat a Big Data začala měnit nejen průmyslový svět. Tato data jsou dnes přenášena, zpracovávána a analyzována pomocí různých softwarů, které jsou povětšinou předmětem placených licencí. Zpracovaná data jsou díky rozsáhlým analýzám hlavním pilířem pro manažerské rozhodování v řízení procesů nejrůznějšího charakteru. [47]

S rozsáhlým a téměř skokovým rozvojem moderních technologií napojených na IoT se přenos dat zrychluje a jejich objem se neustále zvyšuje [47]. Dostáváme se do doby, kdy veškerá zařízení jsou schopna generace obrovského množství dat, která slouží k dalšímu zpracování, a to v podstatě ihned po jejich odeslání příslušnému zpracovatelskému softwaru [48]. V průmyslovém měřítku vzrůstá důležitost rekonfigurace zařízení v reálném čase, a tak je kladen důraz na spolehlivý a bezpečný přenos těchto dat [47]. Způsoby, jak přenášet data, lze rozdělit do dvou základních kategorií, a to na bezdrátový přenos a přenos pomocí drátového připojení.

Bezdrátový přenos dat představuje například technologie WiFi, Bluetooth, vysokorychlostní síť Long Term Evolution (LTE), 2G, 3G, 4G, LoRa a spoustu dalších založených na radiofrekvenčních vlnách. Budoucnost společnosti je nyní v 5G sítích. I přes to, že mnoho zařízení je nutno aktualizovat pro příjem signálu 5G, jelikož řada z nich není kompatibilní pro příjem těchto milimetrových vln, přináší tato technologie výhody nad rámec starších technologií přenosu. Jedná se především o síť z dosud nejrychlejším datovým přenosem, dále pak se spolehlivějšími přenosovými sítěmi a zároveň technologie 5G přináší více aplikací, než tomu bylo u jiných bezdrátových přenosů. [49]

4 Využití virtuálních technologií v praxi

Jak již bylo naznačeno při popisu jednotlivých technologií, jejich využití je velice široké. VR, AR i DT je aplikovatelné v podstatě pro jakýkoliv obor. Primárně však uslyšíme o implementaci v lékařství, stavebnictví, průmyslové výrobě, vzdělávání, letectví či herním průmyslu. V následujících odstavcích bude praktické využití těchto technologií popsáno podrobněji se zaměřením především na průmyslové využití. Herní průmysl je velice obsáhlou samostatnou kategorií, která v této práci nebude dále zmiňována.

4.1 Praktické využití virtuální reality

VR je velice perspektivní technologií využívaná v mnoha oblastech, která poskytuje uživateli rychlejší, jednodušší a intuitivnější komunikaci člověka s počítačovým prostředím [5]. Jak vypovídají následující odstavce, největší perspektivu nachází VR při implementaci ve vzdělávacích procesech.

Chemický modeling je jednou z oblastí, ve které lze VR použít pro plnohodnotné vnímání při zkoumání molekulových struktur. V tomto případě se VR používá již od roku 1997, kdy v Cornell Theory Center byla provedena studie, při níž byla použita 3D vizualizace molekuly proteinu ve VR, avšak pouze prostřednictvím počítačových obrazovek. Později se pro jednoduchost simulace začala využívat technologie CAVE. Díky VR jsou vědci schopni vizuálně lépe vnímat chemický systém a zároveň manipulovat s jeho fyzikální podstatou jako součást jejich experimentu. [19]

Vzdělávání je oblast, do které technologie VR pronikly teprve nedávno. VR je jednou z technologií, která umožňuje studentům lepší memorování teoretických fakt na základě praktické multisenzorické zkušenosti. Student je tak schopen si lépe zapamatovat příslušné informace, které jsou mu názorně předloženy v praxi. [50] Popularita tohoto využití stoupla za doby protipandemických opatření COVID-19, kdy veškerá činnost edukativních institucí byla omezena pouze na online formu. VR dává studentům možnost změnit svůj postoj z pouhých pasivních pozorovatelů a stát se aktivními participanty pomocí interakce s daným virtuálním prostředím. V tomto prostředí se student může nejen vzdělávat, ale zároveň podporovat své inovativní myšlení, což může vést k nečekaným objevům. Celý proces se tak mění od klasického monotónního studia na zábavný a příjemný proces. [50] Pokud navážeme na předchozí odstavec, VR modeling chemických molekul je zároveň důležitou součástí výuky, a to vzhledem k tomu, že chemické vlastnosti molekul jsou z velké části dány právě molekulovou strukturou. Tento fakt vede k tomu, že znalost struktur molekuly a její porozumění je zásadní

otázkou studia chemie, materiálů, potravin a medicínských věd. Dynamické a zároveň interaktivní VR modely nahrazují reálné modely z modelovacích sadeb, které se využívaly k výuce jednoduchých struktur od konce 19. století. [51] VR lze využít také k výcviku a školení podnikových pracovníků, což byla od počátku oblast velkého zájmu a očekává se zde intenzivní rozvoj. Prvotně se VR technologie používaly pro výcvik pilotů v leteckých simulátorech. [52]

E-commerce je jedno z aktuálních témat dnešního tržního prostředí. VR je jednou z technologií, která přispívá k úspěchu tohoto obchodního modelu. Využitím VR docílíme skutečného prodeje výrobku snížením míry nerozhodnosti zákazníka při volbě výrobku (např. při koupi nábytku, barvy nátěrové hmoty, vzory tapet atd.). [52] Příkladem využití VR v oblasti e-commerce může být nákup kuchyně, kdy zákazník udá parametry místnosti, kde bude kuchyňský nábytek umístěn. V programu VR je vygenerována místnost se zadanými vlastnosti (rozmístění dveří, oken atd.) a zákazník si může dle svých představ umístit kuchyňský nábytek. Aplikace VR ho tak vizuálně přesvědčí o vhodnosti nákupu, která v něm vzbudí vlnu emocí z očekávání nového nábytku a ovlivní ho směrem k uskutečnění nákupu.

Ve **zdravotnictví** se VR používá například v plastické chirurgii, kde je využívána pro rozvoj diagnostických a operačních technik vzhledem k tomu, že výsledek operace přímo souvisí se vzhledem a psychickou stránkou pacienta [53]. VR je používáno také pro rehabilitaci po mozkové mrtvici, kdy napomáhá pacientovi ke znovu osvojení pohyblivosti především horních končetin včetně jemné motoriky [54]. Zubní lékařství používá VR převážně k osvojení nových metod lékařských zákroků [55]. VR technologii je dále možné využít při léčbě fóbií, kdy v rámci vytvořeného virtuálního prostředí pacient interaguje s tím, čeho se bojí. Tento způsob terapie se u pacientů ukázal jako velice účinný. [56]

4.2 Praktické využití rozšířené reality

AR technologie jsou vysoce ceněné pro svou schopnost usnadňovat a zefektivňovat podnikové procesy. Jedná se o velice nápomocnou technologii, kterou lze bezesporu označit za technologii budoucnosti, která má široké průmyslové využití. Kromě svých edukativních vlastností se však využívá také jako ceněný nástroj podnikového marketingu.

Údržba, oprava a montáž (UOM) jsou oblasti, kde je AR široce využívána především pro svou schopnost snižovat vynaložené náklady. V případě standardního provádění UOM jde pro pracovníka o náročný proces, při kterém je nutná kombinace několika činností jako je samotný proces opravy, ovládání zapojené techniky a čtení instrukčního manuálu pro správné dodržení stanovených postupů. V takovém případě je pracovníkova pozornost neustále

narušována přebíháním od jedné věci k druhé, což představuje vysokou kognitivní zátěž. Technologie AR však tento proces velice zjednodušuje tím, že soustředí pracovníkovu vizuální pozornost pouze do jednoho místa. AR technologie zobrazují v zorném poli pracovníka objekt zájmu UOM společně s jednotlivými kroky manuálu pro UOM a potřebnými instrukcemi v písemné podobě. Nejběžněji jsou pro instruktáž pracovníků UOM využívány zvukové stopy, 3D objekty popisující pracovní postup a textová pole s podrobnostmi a daným úkolem. [31] Některé z těchto prvků jsou vyobrazeny na Obrázku 8 a 9. Z provedené studie v roce 2014 bylo prokázáno, že poskytnutá dokumentace v podobě AR snížila náklady na UOM až o 25 % a výkon pracovníků se zlepšil až o 30 % [31].

Marketing využívá principy AR jako součást zákaznických služeb. Revolučně bylo AR využito ve hře Pokemon Go, která integrovala virtuální tvory do reálného světa skrze aplikaci v běžném smartphonu. Tohoto principu následně využili marketéři ze všech oblastí ve snaze zvýšit zisky a zefektivnit prodej svých výrobků. Příkladem mohou být aplikace umožňující zákazníkovi reálný pohled na sebe samotného v oblečení, o jehož koupi uvažuje. Dalším příkladem jsou plánovače nábytku, které vám vybraný kus umístí do požadovaného prostoru pomocí fotoaparátu a příslušné aplikace. Výjimkou není ani aplikace nátěrových hmot na vybrané objekty či do vybraných místností, aplikace make-up na obličej [57] či zkouška brýlí. Vzrůstající popularita této technologie byla opět podpořena zmiňovanou pandemií COVID-19, kdy AR implementovalo několik e-shopů. Průzkum společnosti BCG (Boston Consulting Group) z roku 2018 však ukazuje, že mezi manažery stále panuje problém v podobě velkého nadšení z technologie, avšak návratnost investice není vždy tak vysoká [58].

Některé vědecké články poukazují rovněž na využití AR ve **vzdělávacích procesech**, kde doplňují běžnou výuku a dělají ji pro studenty více zajímavou [59]. Dlouhodobě je však dle dostupných informací a četnosti studií v této oblasti preferována spíše technologie DT nebo VR.

V **logistických a skladovacích procesech** se v poslední době zvedla vlna popularity při využívání AR technologií. Hlavní výhodou této technologie spočívá ve výrazném zefektivnění intra-logistických procesů podniku. Pracovníci skladu, kteří jsou vybaveni AR technologií (HMD, brýle, tablety – viz Obrázek 8 a 9), jsou schopni zkrátit mrtvé časy způsobené hledáním požadovaných produktů v rozsáhlých skladech, hledáním položek v závazných objednávkách (elektronické, papírové) či zjišťováním dostupnosti položek ve skladu. [60] V případě obdržení objednávky je pracovník skladu pomocí AR přesně instruován o umístění daného produktu, který by měl být přichystán a odeslán zákazníkovi. Studie zabývající se efektivitou přípravy objednávek udávají, že více než 50 % nákladů celého skladu je vydáno právě na tuto činnost.

Vzhledem k tomu je na zvýšení efektivity kladen takový důraz a implementace AR je považována za revoluční technologii. [61]

4.3 Praktické využití digitálního dvojčete

Technologie DT může být velkým přínosem pro odvětví, mezi které patří ocelářství, letectví a kosmonautika, lékařství, výroba a zpracovatelský průmysl, e-commerce, energetika a zpracování paliv, textilní výroba, telekomunikace, vzdělávání, chemický a potravinářský průmysl. Jedná se o velice vyspělou technologii, která ve spojení s AI může být v průmyslových podmínkách velkým přínosem pro zvýšení efektivnosti a snížení rizikovosti průmyslových procesů.

Ocelářství je jednou z průmyslových výrobních s širokou škálou výstupů, které je potřeba kvalitativně otestovat. Avšak vzhledem k náročnosti těchto testů z hlediska časového i finančního může být DT klíčovou technologií vedoucí k efektivitě tohoto procesu. V simulaci lze jednotlivé výrobky podrobit jakýmkoliv testům za různých podmínek a potvrdit tak deklarovanou kvalitu výrobku. Příkladem je testování ocelových výrobků různého složení za různých okolních podmínek, které mají vliv na korozi, a tím dosáhnout nejvhodnějšího a nejdolnějšího složení výrobku pro dané podmínky. Dalším příkladem z praxe může být testování nosnosti ocelových konstrukcí ve stavebnictví. [40]

Management výrobního podniku spjatý s využitím technologie DT je vysoce obsáhlé téma. V tomto odstavci tak bude uvedeno pouze několik nejčastějších případů využití DT. Tato technologie může být využita pro zefektivnění výrobních plánů, kde odhaluje možnosti zahájení paralelních výrobních místo sériového zapojení, které vedlo k častějšímu výskytu úzkých míst ve výrobním procesu. Pomocí DT lze tak úzká místa postupně eliminovat a zároveň celý proces optimalizovat a tím zefektivňovat celý výrobní cyklus. DT může být dále využíváno v logistických procesech jako nástroj správného rozmístění zásob v čase. I přes vysokou koordinovanost dodavatelských řetězců a tím i správného rozmístění zásob v regionech vedou tyto procesy k náhlému selhání v případě výskytu nepředvídatelné situace. Pomocí DT můžeme simulovat potenciální situace nečekaného poklesu či vzrůstu poptávky a nabídky tak, aby byl celý proces výroby a distribuce bezproblémový. Dále můžeme DT použít v této oblasti jako nástroj k optimálnímu rozmístění zásob v regionech. V oblasti zakázkové výroby lze DT využít pro specifikaci požadavků zákazníka, a to především v oblasti nákladově náročného produktu. V tomto případě jsme schopni namodelovat několik prototypů požadovaného produktu tak, abychom dospěli spolu se zákazníkem ke konečným parametrům. [40] Avšak pomocí

technologie DT lze v produktové oblasti pozorovat přínosy hned v několika oblastech. Požadovaná simulace produktu poskytuje náhled na návrh produktu a jeho ověření v rámci interaktivního prostředí, monitorování jeho životního cyklu či optimalizaci výrobních procesů, které vedou k jeho vyhotovení [62]. Simulaci lze v rámci konečného produktu využít také pro jeho následnou prediktivní údržbu [40].

E-commerce je v posledních letech vysoce zajímavou oblastí podnikání a DT může pomoci s jejím úspěšným využitím. Dosavadní úspěch této oblasti byl založen na marketingových výzkumech, které zařadily zákazníky do jednotlivých skupin podle sledovaných znaků (pohlaví, věk, demografie atd.). Jednotlivým skupinám zákazníků byla následně přiřazena speciální nabídka produktů. DT je však revoluční technologií, která je schopna personalizovat nabídku každému jednotlivci zvlášť, a to na základě jeho historie vyhledávání, produktů v košíku, historie prohlížení produktů, historie nákupů atd., a to jak na dané platformě, tak i mimo ni. Zároveň mohou být zákazníkovi navrhovány produkty na základě nákupu produktů odlišných [40], např. nabídka drogistického zboží na základě nákupu obkladů do koupelny.

Při **zpracování a těžba paliv** se lze zaměřit na optimalizaci harmonogramu ropné plošiny, kdy díky DT lze efektivněji plánovat dobu oprav vrtné plošiny tak, aby nedocházelo ke zbytečným prostojům. Této technologii je využito kvůli různým parametrům (průtok kapaliny, hustota, viskozita atd.), které jsou ovlivněny změnou povětrnostních podmínek, a tím je ovlivněna také těžba. Pro efektivnost práce a přesunu vrtné plošiny je třeba simulace určitých situací, které vedou k připravenosti obsluhy a zároveň k efektivnímu rozhodování o provedení operace za správných podmínek na správném místě. Velice časté použití DT se vyskytuje v rafinériích, kde nákladovost jednotlivých oprav je opravdu vysoká. DT se zde používá k prediktivní údržbě jednotlivých strojů. Operátoři jsou tak díky jednotlivým scénářům schopni určit čas údržby dříve, než nastane problém, čímž se vyhnou dlouhodobým odstávkám zařízení, popř. katastrofám. To vše díky sledování virtuálního dvojčete reálného zařízení a jeho aktuálního stavu na velícím středisku rafinérií [40]. Podobné principy využití DT jsou využívány také v oblasti distribuce elektrické energie, vody, plynu a dalších médií. Obecně riziko spojené s průzkumem, vrtáním, výrobou, zpracováním a distribučními činnostmi v oblasti nerostných paliv je příliš vysoké, což zapříčinilo, že zainteresované společnosti přešly k digitalizaci procesů, které se jeví jako spolehlivější a také efektivnější variantou než spoléhat na lidský faktor. Spojitost s problematikou spolehlivosti lidského faktoru má také situace, kterou v současné době čelí mnoho podniků na trhu práce. Jedná se o problematiku odchodu zkušených zaměstnanců do starobního důchodu, kdy hledání náhrady za takto vysoce

kvalifikované pracovníky je na dnešním pracovním trhu velice obtížnou záležitostí. Pomocí technologie DT jsou tak vzdáleně řízeny složité a zároveň rizikové procesy, kdy takto digitalizovaný proces vede k vyšší bezpečnosti a zároveň efektivnosti celého procesu. [63]

Textilní průmysl se v posledních letech potýká s problémem zvaným fast fashion, která je zapříčiněna celosvětovou globalizací a která je zároveň spojena s několika dalšími celospolečenskými problémy (nadměrné množství odpadu, špatné pracovní podmínky, dětská práce, toxicita výrobků atd.). Avšak technologie DT má v této oblasti také své využití v podobě urychlení návrhu nového oblečení. Z hlediska návrháře zadáte do DT druh oblečení, jeho barvu a vzor a během několika minut jste schopni zadat parametry pro nový kus oblečení. Na straně zákazníka opět mluvíme o personalizování nabídky, jak již bylo řečeno u tématu zabývající se využitím DT pro e-commerce. Na druhou stranu však DT může sloužit jako nástroj ke snížení nadprodukce, kdy díky této technologii jsme schopni lépe předpovídat poptávku, což vede k přesnějšímu plánování objemu výroby. [40]

Vzdělávání je důležitou součástí naší společnosti a DT je jednou z technologií, která umožňuje tento proces zjednodušit díky vizualizaci těžce představitelného (např. funkčnosti výrobních zařízení, krizové situace, lékařský zákrok, chemická reakce). V chemických výrobnách (laboratořích) je dodržování zásad BOZP (Bezpečnost a ochrana zdraví při práci) jedním z priorit celého procesu. V případě krizové situace je však nutná připravenost nejen pracovníka, ale zároveň okolního prostředí. V tomto případě je DT využíváno pro vzdělávání zaměstnanců, ale také pro optimalizaci pracovního prostředí z hlediska umístění ochranných prvků a příslušných dokumentů (hasičské přístroje, požární hlásiče, technologické reglementy, požární evakuační plán atd.), které lze v případě stavu nouze využít. Dále lze DT využít pro simulace chemických experimentů ve vzdělávacích zařízeních pro děti a mládež. DT lze ale využít v podstatě jakékoliv oblasti vzdělávání, mezi které patří například lékařství, architektura, strojírenství, zemědělství atd. [40] Problémem klasické výuky, která se skládá z teoretické a praktické části, je její častá abstraktnost, případně modelový charakter. Avšak například v případě výuky strojních inženýrů je praktická zkušenost s vývojem reálných projektů významnou součástí vzdělání, kdy technologie DT je významným nástrojem pro vývoj a testování reálných projektových produktů. [64]

V **potravinářské a chemické výrobě** lze DT využít v procesech které byly již v předchozích odstavcích zmiňovány. Patří mezi ně například testování kvality výsledných produktů, návrh nového produktu či personalizování nabídky pro zákazníka. Samozřejmostí je také údržba, bezpečnost výroby a havarijní připravenost zaměstnanců či jiný druh vzdělávání. [40]

Dále lze DT využít v **telekomunikacích** pro monitorování proměnných u telekomunikačních věží a s nimi spojená údržba či řešení problémů. Ve vývoji elektrotechniky může být DT přínosem při predikci požadavků zákazníků na nový produkt, čímž se předejde zbytečným investicím. **Letecký průmysl** využívá DT pro prediktivní údržbu leteckých stojů, kdy pomocí DT snižují náklady na jinak finančně i časově nákladné běžné, střední a generální opravy strojů. V **kosmonautice** DT představuje úspornější variantu vysoce nákladné a složité konstrukce kosmických vozítek, kdy je díky DT modelu možnost předem nasimulovat navrhovanou konstrukci a předejít tak technickému omylu, který představuje miliardové ztráty. Zároveň je pomocí DT modelu možná simulace reálného stavu kosmického vozítka nacházející se na povrchu Marsu či na povrchu jiného kosmického tělesa. [65] Ve **zdravotnictví** se DT využívá u klinických studií, kdy je pacientovo DT předběžně podrobena testům tolerance příslušných léků. Dále má DT uplatnění také v onkologii, kde je DT pacienta podrobena příslušné léčbě a sleduje se její předpokládaná úspěšnost a zároveň předpokládaná reakce organismu jednotlivce. [40]

5 Uplatnění virtuálních technologií v prostředí chemického průmyslu

Praktická část této diplomové práce je zaměřena na reálnou implementaci virtuálních technologií, jejichž podstata byla zmapována v rámci první, rešeršní části práce, a to v průmyslové praxi chemických podniků v České republice. Cílem praktické části diplomové práce bylo analyzovat možnosti praktického využití virtuálních technologií v podnicích chemického průmyslu, identifikovat problémové oblasti a oblasti dalšího možného rozvoje a navrhnout souhrnné doporučení.

5.1 Virtuální realita

Výzkum v oblasti VR je založen na řízených rozhovorech se zástupci chemického podniku, jehož charakteristika je uvedena v kapitole 5.1.1, a který vzhledem k ochraně údajů a v rámci zachování hospodářské soutěže zůstane v anonymitě a dále bude označován jako Respondent 1. Řízený rozhovor byl uskutečněn se školitelem VR tréninkového centra, dále s vedoucím odboru rozvoje a technologie PCH a Agro a HR specialistou. Na základě řízeného rozhovoru byla Respondentem 1 zadána problematika, jejíž možnosti řešení jsou navrženy v rámci této kapitoly.

5.1.1 Představení Respondenta 1

Respondent 1 je podnikem patřící pod rafinérskou a petrochemickou mezinárodní skupinu, která je významnou součástí českého chemického průmyslu. Jedná se o zpracovatele základní vstupní chemické suroviny, kterou prodává skrze vlastní síť prodejen po celé České republice, Slovenské republice a v Maďarsku. Zároveň je Respondent 1 jeden z nejdůležitějších výrobců významných chemických výrobků, které jsou distribuovány nejen v rámci České republiky, ale zároveň také v rámci Evropy. Jedná se o akciovou společnost, jejíž stoprocentní akcie vlastní zmiňovaná rafinérská a petrochemická mezinárodní skupina.

Historie vzniku podniku sahá až do roku 1939, tedy ještě do období druhé světové války. Po válce přešel podnik do vlastnictví Československé republiky a tím započalo období dlouholetého rozšiřování areálu pomocí výstavby nových výrobních jednotek. Zmiňovaná skupina odkoupila podnik v roce 2004 a pod jejím vedením areál podléhá dodnes rozsáhlé modernizaci a inovacím, mezi něž patří také výstavba Tréninkového centra, jehož součástí je také technologie VR.

5.1.2 Metodika výzkumu

Oslovením zástupce Respondenta 1 byla zahájena spolupráce na výzkumu, spočívající v řízených rozhovorech se specialisty z podniku a následném zpracování výstupů. Na základě informativních rozhovorů se zástupcem Respondenta 1, které předcházely řízenému rozhovoru, jsem obdržela základní informaci o využívání VR v rámci Tréninkového centra, který Respondent 1 využívá v rámci školících procesů zaměstnanců a při prezentaci podniku externím návštěvám. Zástupce podniku mi poskytl kontakt na HR specialistu, kterého jsem následně kontaktovala a požádala o řízený rozhovor na téma využití VR v podnikovém areálu. HR specialista souhlasil s rozhovorem a zároveň kontaktoval dvě kompetentní osoby, které v rámci podniku mají o VR technologii hlubší povědomí. Těmito kompetentními osobami, s nimiž byl řízený rozhovor uskutečněn, byli školitel VR tréninkového centra a vedoucí odboru rozvoje a technologii PCH a Agro. HR specialista byl u řízeného rozhovoru taktéž přítomen, avšak aktivně se rozhovoru nezúčastňoval.

V rámci řízeného rozhovoru a následné emailové komunikace s Respondentem 1 byla zadána problematika k řešení, které Respondent 1 v Tréninkovém centru u VR nyní čelí. Společně se zaslánými pokyny byl v emailu zaslán taktéž podrobněji popsán aktuální stav VR řešení v Tréninkovém centru společně s příloženými fotografiemi. Jedná se o problematiku inovace VR softwaru a hardwaru a o zmapování nabídek od potenciálních dodavatelů této inovace. Na základě tohoto zadání byli kontaktováni jednotliví dodavatelé na tuzemském trhu skrze emailovou komunikaci. Atraktivita jednotlivých nabídek byla na základě určených faktorů zvážena a porovnána s nabídkou, kterou Respondent 1 již disponuje od Dodavatele 1. Obdržené nabídky byly zaslány Respondentovi 1 pro následné zvážení a bližší specifikace požadavků v případě zájmu. Respondent 1 nakládá s výsledky výzkumu dále dle vlastních zájmů.

5.1.3 Řízený rozhovor s Respondentem 1

V rámci výzkumu byl realizován řízený rozhovor s Respondentem 1, respektive s jeho kompetentními zástupci v podobě školitele VR tréninkového centra a vedoucím odboru rozvoje a technologie PCH a Agro. Otázky řízeného rozhovoru byly Respondentovi 1 zaslány předem. Jednalo se o 16 otázek s tématy týkající se implementace VR. V rámci rozhovoru byla přislíbena anonymita. Řízený rozhovor byl uskutečněn skrze online komunikační platformu Skype v délce 35 minut. Všechny položené otázky byly v rámci rozhovoru zodpovězeny. Zástupci Respondenta 1 odpovídali ochotně a srozumitelně a byli otevřeni další spolupráci.

Otázky položené v rámci řízeného rozhovoru s Respondentem 1 a odpovědi na ně nejsou součástí této kapitoly a jsou k dispozici v Přílohách pod orientačním označením Příloha A. Jedná se o přímý přepis odpovědí kompetentních osob zastupující Respondenta 1.

5.1.4 Shrnutí výsledků řízeného rozhovoru

Na základě emailové komunikace, která celému rozhovoru předcházela, bylo Respondentovi 1 předem zasláno 16 otázek. Otázky se týkaly počátků implementace VR včetně důvodů jejího zavedení, jejího současného využití, překonávaných překážek a výhod a nevýhod této technologie. Dále se otázky zabývaly problematikou přijetí technologie uživateli, hardwarového vybavení, dalšího rozšíření v podniku či aktuálně řešených problémů. Všechny položené otázky byly Respondentem 1 zodpovězeny.

Z řízeného rozhovoru plyne, že ač Respondent 1 implementoval VR již v roce 2020, neměl vzhledem k pandemii Covid-19 po několik měsíců možnost tuto technologii v rámci Tréninkového centra plnohodnotně využívat, a to převážně z hygienických důvodů. Avšak v době, kdy je toto využití již z hygienického hlediska možné, je implementovaná VR technologie zastaralá a Respondent 1 pociťuje nutnost její inovace. Toto tvrzení podkládají také informace získané v rešeršní části práce, které pojednávají o rapidním rozvoji informačních a komunikačních technologií v průběhu krátkého časovém úseku. Důvody implementace byly dle Respondenta 1 dva, a to velmi rozdílného charakteru. Prvotně se jednalo o implementaci za účelem marketingu z hlediska zaujetí externích osob (politici, školní exkurze, potenciální zaměstnanci) a důkazu toho, že podnik je nakloněn moderním technologiím. Pro vzdělávání zaměstnanců v rámci Tréninkového centra to však mělo také své opodstatnění, i když se primárně jedná pouze o ojedinělé záležitosti, a to převážně z omezujících technických a časových důvodů. Školení jednoho takového zaměstnance může trvat i více než třicet minut, kdy současný technický stav dovoluje školení pouze jednoho uživatele.

Respondent 1 je vysoce nespokojen s technickým stavem VR, a to z hlediska zastaralého hardwarového řešení, které je pro uživatele vysoce omezující. Softwarová řešení jednotlivých scénářů dle Respondenta 1 lze považovat také za vysoce nevyhovující, a to vzhledem k tomu, že stávající software byl odkoupen od jiné společnosti, která je sice také chemickým výrobním podnikem, avšak jejich výrobní procesy se značně odlišují. Edukativní scénáře tak Respondent 1 považuje za nedostatečné. V rámci výše zmíněných důvodů má Respondent 1 zájem inovovat VR technologii v rámci Tréninkového centra, a to i přes to, že se

dle jeho vyjádření jedná o vysoce nákladnou implementaci. O požadavcích na inovaci a doporučených dodavatelích této technologie pojednává kapitola 5.1.5.

Výrazným problémem, který v rámci vzdělávání zaměstnanců tuto technologii provází, je kromě technického stavu také fakt, že pouze polovina zaměstnanců bez ohledu na věk přijímá využívání této technologie v rámci školení bez větších komplikací. Druhá polovina zaměstnanců pociťuje fyzické projevy v podobě nevolnosti a ztráty rovnováhy při využívání VR headsetu. Je zde i několik pracovníků, kteří tuto technologii odmítají znovu použít.

Výukové scénáře jsou zaměřené na školení v rámci BOZP a požární výcvik. Avšak Respondent 1 uvádí, že ačkoliv školení pomocí VR má své výhody, stále se jedná o nahraditelnou variantu a doplňkové řešení stávajícího fyzického školení, a to hned z několika již výše zmíněných důvodů. Zároveň Respondent 1 disponuje reálným požárním polygonem v rámci podnikového areálu, který je při školení efektivnější, jelikož si zde zaměstnanec vyzkouší práci s reálným požárem. Zároveň Respondent 1 zmiňuje problémy související s ojedinělými zkušenostmi zaměstnanců s VR technologií, což vede k časové ztrátě způsobené seznamováním zaměstnance s funkcionalitami VR zařízení. Tento jev má také vliv na rozptýlení zaměstnance, který se místo výukového scénáře soustředí spíše na správně ovládnutí VR. Z těchto důvodů se VR využívá v podniku pouze sporadicky a pro malé skupiny maximálně 15 pracovníků. Z výše zmíněných důvodů Respondent 1 nerealizuje žádné zpětné hodnocení, jelikož by dle jeho názoru nebylo relevantní.

Respondent 1 se taktéž vyjádřil k problematice nízké implementace VR v chemickém průmyslu v České republice. Dle jeho názoru chemické podniky investují disponibilní finanční prostředky do jiných, více potřebných technologií. VR technologie je dle Respondenta 1 spíše formou oživení běžně realizovaného školení či marketingovým nástrojem pro zaujetí veřejnosti.

5.1.5 Zadaná problematika k VR

V rámci řízeného rozhovoru a následné emailové komunikace s Respondentem 1 byla diskutována taktéž problematika, které čelí v rámci současného stavu VR technologie. Ve spolupráci s respondentem byl identifikován aktuální problém a zároveň formulovány požadavky na implementace novější verze VR technologie v rámci Tréninkového centra. Aktuální řešení VR technologie u Respondenta 1 je znázorněno na Obrázku 11.

Zadaná problematika se týká nahrazení zastaralé a nevhodné verze VR hardwaru a softwaru, která Respondent 1 nyní využívá. V případě hardwaru se jedná o standardní herní sadu HTC Vive Pro, která byla implementována v roce 2020, avšak již nevyhovuje nynějším

požadavkům podniku a standardům na trhu. Nynější softwarová podoba technologie byla převzata od jiné chemické firmy, která je shodou náhod Respondentem 3 v této diplomové práci. Avšak software byl primárně navržen a vyvinut pro osobní potřeby Respondenta 3, kdy následně tuto technologii po drobných úpravách poskytnul Respondentovi 1 za úplatu. Nejedná se tedy o scénáře navržené přímo Respondentovi 1 na míru, jak je tomu dnes u dodavatelů VR běžné.



Obrázek 11: Aktuální řešení VR v Tréninkovém centru Respondenta 1, vyobrazeno v procesu užívání dle Respondenta 1

I přes vysoké počáteční náklady, které Respondent 1 musel na nynější verzi VR vynaložit, je nucen po pouhých třech letech využívání přejít ke kompletní inovaci využívané VR technologie. Zadaná problematika k řešení se týká zmapování aktuální nabídky VR technologií na tuzemském trhu. Potenciální dodavatel a implementátor těchto technologií však musí splňovat Respondentem 1 předem stanovené podmínky, jejichž podstata je uvedena v pěti následujících bodech:

1. hardware musí být bezdrátový;
2. hardware musí být lehce přenosný;
3. software musí být vyvinut přesně na míru daným požadavkům na výukové scénáře;
4. uživatel nebude muset držet v ruce žádné zařízení, technologie bude snímat pohyby uživatele;
5. v rámci jednoho školení bude možno školit více uživatelů zároveň.

V současné době disponuje Respondent 1 nabídkou od dodavatele, který výše uvedené podmínky splňuje. V rámci ochrany údajů a zachování hospodářské soutěže zůstane tento dodavatel v anonymitě a dále bude označován jako Dodavatel 1. Respondent 1 ujednal s Dodavatelem 1 v rámci vlastní iniciativy na základě jednání stanovené požadavky na implementaci daného řešení pro obnovu VR technologie v rámci Tréninkového centra. Dodavatel 1 navrhnul řešení v podobě bezdrátových brýlí Meta Quest 2 nebo PICO 4, kdy potřebný headset se nachází v pevném kufru s integrovaným nabíjením pro zmiňované zařízení. Dodavatel 1 poskytne škálovatelnou sadu pro 2-10 osob bez dalších senzorů nebo ovladačů v rukách uživatele, jelikož VR brýle obsahují handtracking. Softwarové řešení bude vyvinuto na míru přímo Respondentovi 1, a to jak pro školení operátorů, tak pro zaujetí externích osob. V rámci svých služeb poskytuje Dodavatel 1 správu, aktualizaci, podporu i pojistku v případě poškození funkčnosti hardwaru i softwaru.

Cenově se za jednorázový vývoj softwaru na míru pohybuje těsně pod hranicí jednoho miliónu Kč. V souvislosti s náklady je nutné však také připočítat roční pronájem hardwaru (2x brýle, 1x napájecí kufr, tablet) a softwaru v ceně okolo sto tisíc. Takto stanovené náklady se týkají řešení poskytující jedno hardwarové zařízení, a software zahrnující třikrát interaktivní video a dvakrát VR aplikaci.

V rámci zadané problematiky by Respondent 1 rád porovnal aktuální nabídky potenciálních dodavatelů VR technologie na trhu s nabídkou Dodavatele 1. Na základě průzkumu aktuální nabídky trhu byli kontaktováni tři tuzemští dodavatelé. Opět v rámci ochrany údajů a zachování hospodářské soutěže zůstanou dodavatelé v anonymitě a dále budou označováni jako Dodavatel 2, Dodavatel 3 a Dodavatel 4.

5.1.6 Výsledky průzkumu trhu a navrhovaná řešení

Na základě průzkumu trhu a kontaktování potenciálně možných dodavatelů pro VR technologii prostřednictvím emailové komunikace přišly od dodavatelů zpětné vazby v podobě nabídek řešení zadané problematiky. Kontaktovaným dodavatelům byl zaslán email s popisem

aktuálního řešení VR u Respondenta 1 a zároveň zde byly předloženy požadavky, které by mělo poptávané řešení splňovat. Všechny emaily byly zaslány se stejným textovým obsahem. V následujících odstavcích budou popsána jednotlivá řešení nabízena oslovenými dodavateli, tedy od Dodavatele 2, Dodavatele 3 a Dodavatele 4.

Dodavatel 2 zaslal zpětnou vazbu v podobě nabídky během několika hodin od oslovení. Hned na začátku emailu zdůraznil jejich bohaté zkušenosti s implementací VR v oblasti BOZP a školení zaměstnanců, kdy kladné reference mají hned z několika podnikatelských oblastí. Příkladem uvedl úspěšnou implementaci u firmy Veolia, DHL, v petrochemickém průmyslu se jedná o společnost IGS, Inc. Jako nejlepší vhodnou platformu pro námi požadované řešení navrhl využití mobilního headsetu z řady Meta Quest 2, či Meta Quest Pro. Pokud by Respondent 1 nebyl vázaný datem implementace, Dodavatel 2 doporučuje vyčkat na řadu headsetů Meta Quest 3, jejichž uvedení na trh se plánuje na konci roku 2023. Dodavatel 2 dále uvádí, že se již v minulosti setkal s kolizí vnitřních směrnic klientů se společností Meta. Pokud by se tento případ týkal také Respondenta 1, navrhuje alternativní headset od společnosti HTC, a to XR Elite či Focus 3. Jednotlivá navržená hardwarová řešení jsou skladná a lehce přenositelná. Cena jednoho headsetu se pohybuje v rozmezí deset až čtyřicet tisíc Kč. K řešení není zapotřebí dodatečné vybavení v podobě počítače či dalších kabelů. Headsety jsou zpravidla vybaveny funkcí handtrackingu, ovladače tedy nejsou nutné a uživatel je tzv. handsfree.

V rámci softwarového řešení nabízí Dodavatel 2 modulární školící VR aplikaci, kdy kostra a základní funkce aplikace jsou již předpřipraveny a následně na míru poupraveny v rámci potřeb klienta a jeho požadavků na podobu školících scénářů. Takovéto řešení vede k úspoře nákladů klienta v řádu několika set tisíc Kč. Dodavatel 2 dále nabízí řešení pro skupinová školení, kdy v rámci jednoho školícího scénáře interaguje více účastníků v jednom prostředí. Cena softwarového řešení se dle Dodavatele 2 bohužel nedá stanovit dříve než minimálně po úvodním jednání s klientem, na kterém jsou prodiskutovány požadavky na konkrétní podobu řešení.

Dodavatel 3 poslal své vyjádření do druhého dne, avšak v rámci emailové komunikace nechtěl komunikovat a požadoval pouze kontakt a jednání s kompetentní osobou zastupující Respondenta 1. Na obecné otázky, které byly rozeslány všem osloveným dodavatelům VR, nechtěl odpovědět v případě, že nebude znát detailní požadavky od Respondenta 1. Kontakt na Dodavatele 3 byl předán Respondentovi 1 společně s nabídkami ostatních dodavatelů VR.

Dodavatel 4 zaslal zpětnou vazbu téměř okamžitě. Ve své nabídce uvádí, že je schopen zprovoznit školení i krizové scénáře skrze bezdrátové zařízení ve vysoké kvalitě se zárukou toho, aby byl výkon zařízení optimální a virtuální prostředí se nesešlo a nedocházelo k jeho výpadkům. Školení je dle Dodavatele 4 možné provádět v počtu více osob najednou v jednom scénáři, čímž se vyřeší problém s časovou náročností, kterou Respondent 1 u tohoto typu školení uvádí. Dodavatel 4 nabízí řešení handsfree. Dodavatel 4 upozorňuje, že nabídka Dodavatele 1 je velice cenově nevýhodná vzhledem k tomu, že obsahuje jednorázový náklad na vývoj softwaru a následně si ještě dle dostupných informací účtuje roční poplatek za jeho pronájem. Jako protinabídku nabízí Dodavatel 4 jednorázový náklad na vývoj softwaru na míru, kdy potřebné služby zahrnující servisování, správu na dálku a potřebné aktualizace pro stabilní a bezproblémový software jsou zahrnuty v ceně vývoje. Klient si u Dodavatele 4 může vybrat, zda chce mít doporučený hardware ve svém vlastnictví nebo si jej od Dodavatele 4 pronajímat. Pro nákup VR headsetu navrhuje verzi od společnosti Meta nebo PICO, což se shoduje s návrhem Dodavatele 1. Mezi další služby, které Dodavatel 4 nabízí je školící konverze na televize, počítače či tablety, správa databáze školených zaměstnanců v podobě výkazů, výkonnostních tabulek, statistik, či tzv. integraci gamifikace, tedy motivace školených uživatelů odvádět co nejlepší výkony. Stejně jako Dodavatel 2 není bohužel Dodavatel 4 schopen odpovědět na cenovou nabídku dříve, než uskuteční prvotní jednání s Respondentem 1, kde budou specifikovány přesné požadavky na vývoj softwaru. Avšak v tomto případě se nám dostal alespoň hrubý odhad v řádů několika set tisíc korun jako jednorázový náklad na vývoj softwaru. Dodavatel 4 má taktéž zkušenosti s úspěšnou implementací VR, a to například v potravinářské firmě Váhala nebo v logistické firmě VAE Controls, která školí své řidiče v preciznosti práce během tankování nákladní automobilů a cisteren.

5.1.7 Vyhodnocení výsledků a navrhovaná řešení pro VR

Na základě zjištěných skutečností o možnosti řešení od oslovených dodavatelů VR na tuzemském trhu byla vypracována následující doporučení pro Respondenta 1. Vzhledem k neochotě vzájemné komunikace od Dodavatele 3 budou v následujících odstavcích hodnoceny a porovnány nabídky pouze od Dodavatele 1, Dodavatele 2 a Dodavatele 4.

Pokud bychom měli vycházet pouze z hodnocení, zda oslovení dodavatelé splňují všech pět stanovených podmínek, které jsou dle Respondenta 1 nutné k úspěšné implementaci, můžeme hodnotit veškeré obdržené nabídky kladně. Každý z dodavatelů nabízí bezdrátové

řešení, které je snadno přenosné a poskytuje možnost handsfree užití. Zároveň všichni dodavatelé vyvíjí požadovaný VR software na míru klientovi, kdy školení více uživatelů v jednom virtuálním prostředí zároveň se dnes považuje za běžný standard navrhovaných scénářů a není tak problém ho Respondentovi 1 nabídnout jako součást řešení.

Technické vybavení nabízí každý z dodavatelů s podobnými parametry, každý však navrhuje nákup hardwaru od jiné značky. Cenově se Meta Quest 2 a PICO 4, navrhované Dodavatelem 1 a zároveň Dodavatelem 4, pohybují zhruba stejně, avšak na základě dostupných recenzí je PICO 4 výkonnější a technicky dokonalejší variantou hardwarového řešení než Meta Quest 2. Naopak pokud porovnáme Meta Quest 2 s dostupnou technologií od HTC, kdy tyto dvě možnosti navrhuje Dodavatel 2, jedná se podle dostupných recenzí z technické stránky o vysoce parametrově podobná zařízení, avšak cenově se VR sada HTC pohybuje ve více než dvojnásobných částkách pořizovací ceny. Pokud tedy máme doporučit nejvhodnější ze zmiňovaných VR headsetů, primárně doporučujeme na základě dostupných recenzí nákup verze PICO 4, jehož nákup doporučuje Dodavatel 1 a Dodavatel 4. Meta Quest 2 se ovšem jeví také jako vysoce přijatelná varianta, pokud by vnitřní směrnice Respondenta 1 nekolidovala s nákupem zařízení od této společnosti.

Softwarové řešení nabízí v obecném základu všichni dodavatelé stejné. Cena za vývoj softwaru se pohybuje v řádů sta tisíců, a to v závislosti na konkrétní specifikaci školicích scénářů. Pevná ani orientační cena se v takto obecné rovině dotazování nedá dle všech oslovených dodavatelů určit. Dle jejich názoru lze orientační cenu určit až po úvodním jednání s Respondentem 1. Vzhledem k tomu není možné výhodnost nabídek na základě tohoto parametru posoudit.

Jak již bylo v předchozí kapitole zmíněno, Dodavatel 4 upozornil na nevýhodnost nabídky z hlediska vysoké ceny pronájmu hardwarového a softwarového zařízení od Dodavatele 1. Dodavatel 4 je toho názoru, že pokud Respondentem 1 zaplatí jednorázovou částku za vývoj softwaru, software se stává vlastnictvím klienta a není mu tedy jasné, proč by měl vynaložit další peníze za jeho pronájem. Pokud se na nabídku od Dodavatele 1 podíváme z hlediska nákladovosti na roční pronájem hardwaru, jeví se nabídka jako velice vysoká vzhledem k tomu, za kolik je možné jeden VR headset na dnešním trhu zakoupit. Nákupní cena PICO 4 i Meta Quest 2 se na dnešním trhu pohybuje okolo 15 000,- Kč. Pokud bychom tedy zakoupili sadu dvou VR headsetů a jednoho výkonnějšího tabletu, stále se dostaneme na částku pod 100 000,- Kč, která by představovala pro Respondenta 1 jednorázový náklad. Navíc by v případě nákupu měl Respondent 1 hardware ve svém vlastnictví.

Z výše uvedených důvodů bychom Respondentovi 1 doporučovali zvážení současné nabídky, kterou disponuje od Dodavatele 1, a to hned z několika zjevných důvodů. Pokud bychom měli nabídku zhodnotit z hlediska nákladů, jedná se o dražší variantu, než jakou nabízí Dodavatel 2. Dodavatel 2 nabízí vývoj softwaru na předem vyvinutém základě s předpřipravenou kostrou, která je dle přání zákazníka dovyvinuta na základě konkrétních požadavků. Takovéto řešení vede ke značnému snížení nákladů na vývoj softwaru, což vede také k upřednostnění nabídky Dodavatele 2 před nabídkou Dodavatele 4, který vyvíjí stejně jako Dodavatel 1 software od základů. Dále se domníváme, že ač Dodavatel 4 nabízí nákup headsetu Meta Quest 2, jedná se stále o výhodnější variantu vzhledem k tomu, že Respondent bude držet hardwarové vybavení ve svém vlastnictví a bude se tak jednat pouze o jednorázový náklad, který se již nyní jeví jako cenově výhodnější, než by tomu bylo u ročního pronájmu u Dodavatele 1. Navíc je dle našeho názoru možné se v úvodním jednání domluvit s Dodavatelem 2 na možnosti nákupu zařízení PICO 4. Ke zvážení jsou taktéž bohaté zkušenosti s implementací školení v různých oblastech, včetně chemického průmyslu, kterými Dodavatel 2 disponuje. Dodavatel 4 se jeví taktéž jako vysoce perspektivní, avšak na základě dotazování v obecné rovině se jeho nabídka nejeví jako perspektivnější v porovnání s nabídkou Dodavatele 1.

Na základě zjištěných informací doporučujeme Respondentovi 1 přehodnotit stávající nabídku od Dodavatele 1. Za nejvýhodnější nabídku na základě průzkumu považujeme návrh od Dodavatele 2, a to především kvůli nákladové výhodnosti týkající se navržení softwaru. Po uskutečnění úvodního jednání a upřesnění cenové nabídky na vývoj softwaru s požadovanými scénáři by se dle zjištěných informací mohlo jednat o cenově výhodnější řešení na implementaci nové VR v rámci Tréninkového centra.

5.2 Rozšířená realita

Výzkum v oblasti AR je založen na řízeném rozhovoru s dvěma dodavateli AR technologií, jejichž charakteristika je uvedena v kapitole 5.2.1, a kteří vzhledem k ochraně údajů a v rámci zachování hospodářské soutěže zůstanou v anonymitě a dále budou označovány jako Dodavatel 5 a Dodavatel 6. Přepis řízeného rozhovoru s oběma dodavateli AR technologií společně s kladenými otázkami je součástí příloh této diplomové práce. Dále je součástí výzkumu také souhrnné doporučení rozšíření využití AR technologií v chemickém podniku, který rovněž vzhledem k ochraně údajů a v rámci zachování hospodářské soutěže zůstane v anonymitě a dále bude označován jako Respondent 2.

5.2.1 Metodika výzkumu

Pro výzkum zabývající se zmapováním současného stavu implementace AR u chemických a potravinářských firem v České republice byl zvolen postup pro zjištění stávajícího rozsahu uplatnění AR technologií v praxi, dále pak problémů, které jsou aktuálně řešeny a oblastí dalšího rozvoje prostřednictvím zmiňovaného řízeného rozhovoru.

Na začátku dubna 2023 bylo osloveno několik tuzemských dodavatelů AR technologií prostřednictvím emailové komunikace, z nichž pouze dva byli ochotni se řízeného rozhovoru v rámci online meetingu zúčastnit. Oběma dodavatelům bylo předem zasláno 23 vypracovaných otázek, aby měli možnost se na otázky připravit, popřípadě se poradit s kompetentními osobami. Rozhovory probíhali samostatně za stejných podmínek se stejnými otázkami. Řízený rozhovor byl plánován v rozmezí 30-45 minut a následně vyhodnocen v následujících podkapitolách.

Součástí kapitoly je také stručný popis využití AR technologie u Respondenta 2. Výzkum se dále zabývá možným návrhem dalšího využití implementace AR technologií u Respondenta 2.

5.2.2 Představení dodavatelů

Dodavatel 5 představuje malou firmu zaměstnávající pouze několik jedinců, kteří se v minulosti primárně zabývali programováním počítačových her. Firma vznikla v průběhu roku 2019 a postupně se rozvíjí. Prvotně vstoupila na trh pouze se záměrem nabídky implementace VR, avšak na základě poptávky a určité podobnosti technologií vstoupila téměř okamžitě po svém vzniku taktéž na trh AR technologií. Dodavatel 5 je samostatnou firmou na českém trhu,

nespadá tedy pod žádnou mateřskou společnost či není nijak mezinárodně propojena. Webové stránky Dodavatele 5 mají moderní charakter, avšak chybí zde základní popis společnosti, její historie, mise a vize.

Dodavatel 6 je velkou firmou zabývající se propojením digitálního a fyzického světa na českém trhu od roku 2016. Jedná se o distributora softwarových technologií americké společnosti na českém trhu, která je považována za lídra na trhu průmyslových platform AR. Dodavatel 6 se zabývá implementací špičkových softwarových systémů pro AR a IoT, dále pak školením a technickou podporou zákazníků. Jejich vize je být vyhledávanou společností, která vysokou kvalitou služeb a softwarových systémů vytváří pro své zákazníky přidanou hodnotu spočívající v trvalé schopnosti inovovat způsob vzniku, provozu a servisu výrobků. Webové stránky Dodavatele 6 jsou přehledné, plné zákaznickými potřebnými informací.

5.2.3 Řízené rozhovory s dodavateli

Otázky řízeného rozhovoru byly dodavatelům zaslány předem. Jednalo se o 23 otázek s tématy týkající se implementace AR. V rámci rozhovorů byla přislíbena anonymita. Komunikace s Dodavatelem 5 proběhla rychlou, stručnou a srozumitelnou formou. Online meeting trval cca 40 minut. Dodavatel 5 byl ochoten vést otevřenou diskusi a svolil k dodatečnému kontaktování v případě potřeby dalších informací. Rovněž komunikace s Dodavatelem 6 proběhla rychlou, stručnou a srozumitelnou formou. Online meeting trval cca 25 minut. Bohužel Dodavatel 6 nebyl nakloněný k otevřené komunikaci a odpovědi byly spíše stručné. Na konci rozhovoru svolil k dodatečné komunikaci v případě potřeby dodatečných otázek.

Otázky položené v rámci řízených rozhovorů a odpovědi na ně jsou k dispozici v Přílohách pod orientačním označením Příloha B. V následující kapitole bude uvedeno jejich shrnutí.

5.2.4 Shrnutí výsledků řízených rozhovorů a návrhy dalšího rozvoje AR

Otázky řízeného rozhovoru byly orientovány na témata ohledně počátečních zkušeností s implementací těchto technologií, současném stavu, poskytováním služeb, finanční stránky a současné situaci na tuzemském trhu. Dále pak řešených problémů v rámci implementace a druhů využívaných hardwarových technologií. Jednalo se o 23 otázek, kdy všechny byly Dodavatelem 5 i Dodavatelem 6 zodpovězeny.

Přepis řízených rozhovorů včetně položených otázek je součástí Příloh této diplomové práce. Odpovědi na otázky jsou interpretovány zároveň, a to pro možnost srovnání v rámci rozdílných odpovědí. Tato podkapitola se dále věnuje pouze shrnutí získaných informací, které byly prostřednictvím řízených rozhovorů získány.

Z řízených rozhovorů můžeme vyvodit několik zajímavých závěrů. Prvotně si můžeme všimnout velice rozdílných názorů mezi Dodavatelem 5 a Dodavatelem 6, a to převážně v oblasti zákaznického zájmu v ohledu na různé obory, které tyto technologie mají zájem implementovat. Dodavatel 5 zmiňuje, že průmysl v České republice bohužel není ještě plně připraven na implementaci těchto technologií, proto evidují poptávku převážně ve veřejném sektoru. Naopak Dodavatel 6 zmiňuje, že zájem o implementaci přichází převážně ze strojírenského průmyslu. Dodavatel 6 veřejný sektor vůbec nezmiňuje ani ve chvíli, kdy jsem se snažila diskuzi na téma implementace ve veřejném sektoru podnítit. Tento rozdílný postoj, názor a zkušenosti dodavatelů je možné vysvětlit tím, že se jedná o dodavatelské společnosti rozdílného typu, co se týče velikosti společnosti, jejich tržního podílu a také počtu dosavadních zkušeností a vybudovaného jména. Důvodem větších kontraktů u Dodavatele 6 může být také skutečnost, že patří mezi distributory softwaru velké mateřské společnosti, která dle jejich označení patřila mezi průkopníky těchto technologií na českém trhu vůbec. Společnost Dodavatele 5 je mladou společností s českými kořeny čítající pouze několik zaměstnanců, což může být také důvod menší důvěryhodnosti ze stran zákazníků a tím je ovlivněna také velikost jejich zakázek, které směřují pouze do menšího veřejného sektoru, jehož součástí je oživení kultury měst.

V čem se však oba dodavatelé AR technologií shodnou, bez ohledu na jejich velikost a tržní podíl, je nízký počet implementací této technologie čítající pouze několik jednotek ročně. Je nutné říci, že odpovědi podobného charakteru bylo možné předpokládat, a to vzhledem k všeobecnému povědomí o nízké připravenosti českého trhu na implementaci moderních technologií, o kterém v rámci výzkumu pojednávalo několik zdrojů. Český a obecně evropský

trh je v porovnání s americkým a asijským trhem moderních technologií velice malý a připravenost evropských zemí je oproti jiným kontinentům opravdu nízká. Překvapující byl zmiňovaný rozdíl implementačního pokroku v řádu pěti let oproti americkému trhu, jež zmínil právě Dodavatel 6. Důvodem je nízká flexibilita českého průmyslu přizpůsobit se novým trendům, což zapříčiňuje také jeho stále klesající atraktivitu. Na toto téma taktéž navazuje tvrzení obou dodavatelů, kteří zmínili zkušenosti s všudypřítomným odporem zaměstnanců při implementaci ať už ve vrstvách managementu nebo operativních pracovníků. Problém se vyskytuje především u starších ročníků, kteří se nyní v pracovním prostředí střetávají se zaměstnanci Generace Z, která v době rapidního rozvoje technologií již vyrůstala.

Dalším shodným bodem obou dodavatelů bylo také přítomnost komplexního řešení při implementaci a navázání dlouhodobé spolupráce. AR se v podniku často implementuje jako součást komplexního řešení, ne jako samostatná technologie. Na základě toho spolupráce často pokračují v řádu několika let, kdy dodavatel poskytuje nejen školení, servis a správu softwaru, ale také další možnost rozšíření AR v podnikových procesech.

Z rozhovorů je patrné, že pokud se bavíme o veřejném sektoru, mají zde nevyšší využití u konečných uživatelů tablety a telefony. V průmyslu, ať už je jakéhokoliv charakteru, jsou spíše využívány SG. Tento jev si vysvětlují především skutečností, že operativní pracovník průmyslu, ať už v reálném provozu či při školení, potřebuje mít volné ruce pro vykonávání příslušné činnosti a není tak vhodné, aby ho omezovalo v práci ještě uchopení dalšího zařízení. Handsfree technologie jsou tak v průmyslu na místě. Ve veřejném sektoru není vzhledem k častému edukativnímu rázu nutné mít volné ruce pro další činnost.

Považuji za nutné okomentovat tvrzení Dodavatele 5, že hlavním problémem je skutečnost, že návratnost implementace AR technologie si potenciální zákazníci nedovedou spočítat. Jedná se o velice překvapivé zjištění, jelikož výpočet doby návratnosti investice je možné považovat za základní znalost finančního managementu, který může vycházet hned z několika skutečností. Pro začátek je zřejmé, že s implementací AR technologie zkrátíme dobu, po kterou je nutné, aby pracovník vykonával danou činnost. Tento fakt tedy vede k vyšší výkonnosti spojené s vyšší směnovou produktivitou ať už v ohledu výroby výrobků, kompletace objednávek nebo zrychlením údržbářského procesu, který je nepochybně spjat se zmiňovanou primární aktivitou podniku. Vede tedy k vyšší výkonnosti. Jako první příklad lze uvést výměnu opotřebované součástky ve výrobním zařízení. Pokud pracovník bude postupovat dle memorovaných skutečností nebo dokonce nevhodnou metodou pokus omyl bude jeho činnost, a tím i pozastavení celého výrobního procesu, trvat mnohem delší dobu, a tím také bude větší finanční ztráta podniku, než pokud bude využívat SG, které mu budou schopné

v zorném poli poskytnout vhodné instrukce a zrychlí tak celý proces opravy výrobního zařízení. Druhým příkladem může být kompletace objednávky ve skladovacích prostorech, a to přímo na míru určitému zákazníkovi. Pokud se jedná o velké skladovací prostory, SG jsou schopny navrhnout nejefektivnější cestu vedoucí k vyzvednutí všech požadovaných předmětů z regálů ke kompletaci objednávky. U zkušených pracovníků tak tato technologie šetří čas tím, že navrhuje nejefektivnější variantu pracovní dráhy. U nových zaměstnanců pak napomáhá k vyhledávání požadovaného zboží ve skladu, ve kterém se nový pracovník ještě plně neorientuje. V obou případech je opět ušetřen čas, který vede k většímu počtu vyřízených objednávek za pracovní směnu a zvýšení přesnosti. V malých skladovacích prostorech pak mluvíme například o zrychlení kompletace objednávky díky lepší orientaci zaměstnance na svém pracovním stole a identifikace skutečnosti, že hotová objednávka opravdu obsahuje veškeré požadované položky. V rámci této problematiky, ke které se Dodavatel 5 vyjádřil, navrhuji využití podnikatelské příležitosti v podobě poskytování služby výpočtu návratnosti investice jeho zákazníkům. Pokud tuto problematiku eviduje a zároveň označuje jako problém nízké poptávky po technologiích AR, je vhodné využít tuto podnikatelskou příležitost a svůj pracovní kolektiv rozšířit o finančního specialistu, který bude tuto službu zákazníkům poskytovat. Dle mého názoru to jednak zapříčiní vyšší zájem o implementaci, jelikož již bude Dodavatel 5 schopen podložit svou nabídku jednoznačnými finančními čísly, a zároveň to vyřeší problém spojený s výskytem nedůvěryhodnosti efektivity a možné stornování poptávky v již započatém kontraktu z důvodu nedůvěry managementu poptávajícího v návratnost.

Další závažnější skutečností je špatné legislativní ošetření využití těchto technologií při školitelských procesech. Dle mého názoru, a zároveň názorů Dodavatele 5 i Dodavatele 6, je tento způsob školení zaměstnanců daleko efektivnější, než způsob monotónního, nezajímavého a mnohdy i neefektivního školení skrze zdlouhavé texty a následné vyplnění online testů. Opět se bohužel jedná o zpátečnický způsob v České republice, která v moderní technologii nevkládá dostatečnou důvěru a zůstává věrná starým zasetým způsobům, které jsou však mnohdy neefektivní. Jedná se tedy o další alarmující náznak toho, že se bude muset v České republice změnit přístup a doufat, že nastupující Generace Z otřese základy zastaralých způsobů a budeme se tak moc zařadit mezi země následující technický a technologický pokrok. Dle slov dodavatelů je otázkou několika málo měsíců, než tato pokroková technologie pronikne do každodenní reality českého průmyslu.

Domněnka o blízkém nástupu této technologie na českém trhu se dá také podpořit tvrzením Dodavatele 6, který zaznamenává velký počet konkurentů v tomto odvětví. Dodavatel 5 sice tvrdí, že v posledním roce nezaznamenal vznik nějakého velkého konkurenta, avšak přiznává, že již v roce 2019 byla konkurence na trhu dodavatelů technologie AR vysoká.

Opět se však dostáváme do situace, která podporuje mnohá rešeršní tvrzení o tom, že ač je český průmysl v implementaci moderních technologií velice zpátečnický, chemický průmysl, jako lídr implementace moderních technologií v minulém století, je nyní jeden z průmyslových oblastí v České republice, který o zavádění těchto technologií nejeví zájem a často je i odmítá. Důvodem je především důraz na robustnost a spolehlivost nových technologií, které musí být i dle tvrzení Dodavatele 5 stoprocentní a přesná a zobrazování AR je stále ještě na hraně funkčnosti, kdy většina chemických výrobců si toto riziko nemůže dovolit. Avšak ani v dalších procesech, ve kterých nehrozí bezpečnostní riziko, jako je například kompletace objednávek či školení pracovníků, se tato technologie stále využívá v minimálním měřítku oproti uplatnění ve strojírenském průmyslu, který v tomto století výrazným způsobem vystřídal chemický průmysl v roli implementačního lídra. Nicméně pro oba dodavatele byla oblast chemického a potravinářského průmyslu výhledově velmi zajímavá s očekávaným potenciálem pro možné zakázky.

5.2.5 Představení Respondenta 2

Respondent 2 je jeden z 300 strategických partnerů celosvětového giganta na výrobu potravinářských výrobků, které jsou distribuovány a známy více jak ve 200 zemích po celém světě. Vytváří tak společně s mateřskou společností hodnotu jak pro odběratele, tak i spotřebitele, což vytváří unikátní světovou distributorskou síť. Výrobky mateřské společnosti se v České republice prvně objevily v roce 1945. První výroba na českém území byla zahájena na základě licenční smlouvy v roce 1971 v národním podniku v Brně. Postupem času prošla původní výrobní proměny společně s přesunutím do jiných měst, fúzí a akvizicemi a v roce 2000 byla převzata Respondentem 2. Respondent 2 odpovídá za uspokojování poptávky prostřednictvím výroby, balení, distribuce a prodeje hotových výrobků odběratelům a zastává tak jednoho z největších strategických partnerů zmiňovaného obchodního giganta na světě. Pro dokreslení představy o velikosti, Respondent 2 prodává více než 2 miliardy kartónů produktů ročně přibližně 595 miliónům lidí ve 28 zemích na třech kontinentech.

5.2.6 Návrh rozšíření AR technologií u Respondenta 2

V rámci podnikových exkurzí, které katedra Ekonomiky a managementu chemických a potravinářských podniků na Univerzitě Pardubice na jaře roku 2023 pořádala, jsem měla mimo jiné také možnost nahlédnout do výrobního a skladovacího provozu Respondenta 2. Podnikovým prostředím Respondenta 2 nás prováděl jeden z jejich pověřených zaměstnanců managementu, který se při prohlídce skladových prostor zmínil o využití SG HMT-1 od společnost RealWear při zaškolování nových pracovníků v rámci kompletace objednávek. Tyto chytré brýle nově najatým zaměstnancům usnadňují proces zpracování a zkracují tak dobu, po kterou by se nově najatý zaměstnanec učil vyhledávat ve skladových prostorech požadovanou položku. Na základě takto získaných informací jsem po skončení exkurze požádala zástupce managementu o více informací, který poskytl základní podklady o funkčnosti a využití SG v podniku. Obsah těchto podkladů byl však bohužel omezený, a to z důvodu, že tento pracovník byl obeznámen s funkčností AR v podniku pouze v základním rozsahu. Přesto však byl schopen poskytnout základní údaje vedoucí k vyhodnocení využití AR u Respondenta 2. S ohledem na tuto skutečnost bude v následujících odstavcích pouze krátce představen aktuální stav využití technologie AR u Respondenta 2, na které bude navazovat doporučení na rozšíření této technologie do dalších podnikových procesů.

Povědomí o aktuálním stavu implementace technologií AR u Respondenta 2 je vzhledem k důvodům zmiňovaným v předchozích odstavcích jen v základním rozsahu. Dle Respondenta 2 jsou v podniku používány SG pro zjednodušení a urychlení procesu zaškolování nových pracovníků ve skladovacích prostorech při kompletaci objednávek. Domnívám se, že důvody využití AR technologie mohou být také ty, které zmiňoval v řízeném rozhovoru Dodavatel 6, tedy problematika snižující se gramotnosti a kognitivních funkcí nově najatých operativních pracovníků. Přínos těchto technologií do provozu Respondenta 2 je nejen snižování doby zaškolování nové pracovní síly, ale zároveň představuje úsporu nákladů a bezpečnostní opatření ve smyslu, aby se pracovník nedostal do prostoru, ve kterém nemá co dělat a mohl by představovat bezpečnostní riziko. Dalším důvodem implementace AR je také zvýšení přesnosti při kompletaci objednávek.

V rámci dalšího rozšíření navrhuji hned několik řešení, které by u Respondenta 2 mohly vést ke snižování provozních nákladů. Prvotní doporučení se zabývá rozšířením technologie AR do školicích procesů, a to jak pro základní, tak pro složitější údržbářské úkony doplněné o vzdálenou komunikaci s kompetentní osobou. Výrobní linky Respondenta 2 jsou ve své podstatě plně automatické, a to od rozbalení krabic se vstupy, přes výrobu produktu, až po

balení produktu do balíků obsahujících požadovaný počet výrobků. Operativní pracovník má u výrobní linky, kterých je u Respondenta 2 pouze pět, primárně roli vykonávání jednoduchých pracovních úkonů, a to převážně kontrolního charakteru. V takovémto případě navrhuji využití technologie AR pro vyškolení operativních pracovníků v technicky nenáročných běžných opravách výrobního zařízení, popřípadě středních opravách. Ze zkušenosti z jiných výrobních podniků je známo, že tyto podniky trpí naopak na nedostatek pracovníků údržby, kteří mohou být často přetížení vzhledem k tomu, v jak velkém areálu operují. Tento způsob školení operativního personálu pomocí AR by tak mohl ulevit, jak přetíženému personálu údržby, tak rozpočtu na případné outsourcingové služby. Dopady by to mělo v podobě snížení nákladů, a to hned ze dvou důvodů. V případě, že podnik pro údržbářské procesy tohoto typu využívá outsourcingové služby, například u dodavatele výrobních zařízení, je každá cesta takto vyslaného pracovníka od poskytovatele outsourcingové služby velice drahá. V případě, že by se jednalo o technicky nenáročnou opravu, která by krok po kroku navigovala operativního pracovníka výroby, Respondent 2 by výrazně ušetřil náklady běžně vynaložené na výjezdy těchto externích pracovníků. V případě náročnější opravy by bylo možné vzdáleně komunikovat pomocí AR mezi externím pracovníkem a operativním pracovníkem výroby a opět by se tak ušetřily cestovní náklady externího pracovníka. Z řízeného rozhovoru s Dodavatelem 6 vyplynulo, že strojírenský průmysl tento způsob vzdálené komunikace pomocí AR při montáži výrobních linek již běžně využívá. Podobný způsob využití by mohl být aplikován také u Respondenta 2. Druhý dopad v podobě snížení nákladů se projeví v případě, že v případě, že se z neznámých důvodů linka jakéhokoliv charakteru zastaví, jedná se o důležité minuty, kdy linka není v provozu, které stojí podnik obrovskou sumu peněz. V takovémto případě by bylo možné, aby si proškolený personál nasadil SG a ihned začal pracovat na nápravě, ať už podle zobrazovaného návodu, nebo podle instrukcí ze vzdálené komunikace. Snížila by se tak doba odstávky potřebného zařízení. Bohužel nejsem o stavu údržbářských pracovníků, ani o úrovni vzdělání operativního personálu z výše uvedených důvodů obeznámena.

Další možnost využití AR je v marketingové oblasti, kdy i v tomto případě by mohla mít tato technologie velký vliv. V prvním případě by se mohlo jednat o rozšíření funkcí mobilní aplikace, kterou tato společnost nabízí ke stažení zdarma, a to o novou funkcionalitu podporovanou AR. Primárně je potřeba říci, že Respondent 2 nabízí své výrobky v prodejních automatech po celé zemi. Nová funkcionalita AR by tak mohla mapovat prodejní automaty v celé zemi a na základě GPS lokace telefonu informovat zákazníka o nejbližším automatu s požadovaným produktem a následně pomocí mobilního fotoaparátu zobrazit zákazníkovi

nejvhodnější cestu do vybraného cíle. Pro představu by tato aplikace fungovala podobně, jako jsou skladoví pracovníci navigováni k umístění příslušného produktu ve skladovacích regálech. V případě využití této funkcionality, a tím také zvýšení prodejů výrobku, by bylo možné zákazníky odměnit například poukázkou 10+1 zdarma, tzn. desetkrát využijí AR navigaci a při 11. použití dostanu požadovaný produkt z prodejního automatu zdarma.

V marketingové oblasti je dále možné umístit QR kód přímo na etiketu výrobku, který by při naskenování zákazníkem s pomocí fotoaparátu v mobilním telefonu opět otevřel mobilní aplikaci, kde by se zobrazily příslušné informace o produktu v podobě emotikonů či krátkých sdělení na jednom místě. Jednalo by se pro dnešní mladou generaci o přívětivější způsob, než klasické vyhledávání na etiketě (datum výroby, datum spotřeby, výživové údaje, věková hranice prodeje, maximální denní dávka atd.). Tato možnost jiného sdělení běžně viditelných, ale zároveň i nezobrazovaných informací navazuje na téma, ke kterému se vyjadřovali Dodavatelé 5 a Dodavatelé 6. Jedná se tedy o to, že nastupující generace vyrůstala bok po boku s vývojem mobilních telefonů, tabletů a počítačů, a dnes si většina z nich nedokáže život bez těchto technologií představit. Pro tuto generaci je tedy běžné žít v digitálním světě a tento způsob předávání informací by pro ně mohl být pohodlnější než běžné vyhledávání na etiketě, případně webových stránkách společnosti. Do QR kódu je zároveň možné vložit avatara ambasadora jednotlivých výrobků, který se po naskenování objeví na obrazovce vložený jako virtuální objekt do reálného prostředí.

Pokud tedy doporučení dalšího rozšíření shrneme, je možné z mého pohledu reálně implementovat technologie AR u Respondenta 2 také v dalších oblastech, a to především pro udržení technologického pokroku s celosvětovými trendy. Využití v oblasti marketingu doporučuji i z toho důvodu, že v posledních letech se objevilo mnoho spekulací o dopadu výrobků Respondenta 2 na lidské zdraví, které se s nastupující novou generací dostává více do popředí zájmu. Využití AR v údržbářských procesech zase může vést k snížení provozních nákladů, kdy takto ušetřené prostředky mohou být investovány právě do zmiňovaného rozšíření zákaznického servisu.

5.3 Digitální dvojče

Výzkum v oblasti DT navazuje na práci pro Studentskou vědeckou odbornou činnost z počátku roku 2022 (SVOČ 2022), jejíž základy byly postaveny na řízeném rozhovoru s ředitelem řídicího centra výroby chemických výrobků ohledně implementace jednotlivých virtuálních technologií. Na základě závěrů z práce pro SVOČ 2022 byla spolupráce opět obnovena a zaměřena podrobněji na téma DT, kterou respondent využívá ve své praxi. Vzhledem k ochraně údajů a v rámci zachování hospodářské soutěže zůstane respondent v anonymitě a dále bude označován jako Respondent 3.

5.3.1 Představení Respondenta 3

Respondentem 3 je výrobní chemický podnik, který je součástí společnosti označované za celosvětového lídra ve svém oboru a působí téměř ve sto zemích světa. Celosvětová společnost dosáhla v roce 2021 obratu téměř 26 miliard EUR, kdy její výrobky a služby jsou využívány koncovými zákazníky v mnoha oborech podnikání (lékařství, chemický průmysl, potravinářství, letecký průmysl atd.). V České republice se nachází jedno z nejvýznamnějších center této společnosti pro dálkové řízení výroby, kdy jeho hlavním úkolem je dálková správa a řízení výroby okolo sto výrobních zařízení nacházejících se po celém světě (např.: severní Afrika, Blízký východ, východní Evropa, Rusko). Obecně se tato společnost řadí mezi světovou jedničku v implementaci automatizace, digitalizace a AI do výrobních procesů, což dokazuje taktéž české řídicí centrum, které se umístilo na vítězném stupni projektů v Průmyslu 4.0 v soutěži pořádané Svazem chemického průmyslu.

DT je pro Respondenta 3 základní technologií pro řízení výrobního procesu a respondent si bez něj nedokáže již výrobu představit. I přes to, že jsou pracovníci schopni svými znalostmi částečně manuálně nahradit potenciální výpadek této technologie, jedná se o základní pilíř úspěšné organizace výrobního procesu. Celý výrobní proces je tedy založen na principu spojení DT a AI.

5.3.2 Zadaná problematika k DT

Na základě předchozího zmapování využití DT v podniku v rámci SVOČ byl nyní ve spolupráci s respondentem identifikován aktuální problém a směr dalšího rozšíření DT v podniku vedoucí k plné automatizaci výrobního provozu.

Jednalo se o návrh řešení problematiky týkající se implementace automatizovaného odečítání stavových veličin výrobního zařízení pomocí kamerových systémů či jiných moderních zařízení, která by nahradila manuální zapisování těchto informací výrobními pracovníky. Takovýto tradiční způsob zapisování veličin se podniku jeví jako neefektivní z hlediska ztráty pracovního času pracovníka a chybovosti, která představuje možné riziko.

V úvahu dle Respondenta 3 připadala i případná alternativa zakoupení licence pro využívání mobilní či jiné aplikace pro skenování stavových veličin výrobního zařízení přímo výrobními pracovníky. V tomto případě by se ovšem nejednalo o plnou automatizaci, avšak pouze o mezistupeň snižující riziko chyby při zápisu, který by v budoucnu mohl k plné automatizaci vést.

Hlavním požadavkem Respondenta 3 bylo navrhnout takové řešení, které by bylo ekonomicky přijatelné a zároveň efektivnější než původně plánovaná varianta zahrnující výměnu běžných měřidel za inteligentní senzory, jejichž cena se pohybuje řádově okolo 15 000,- Kč za kus. Dalším požadavkem byla kompatibilita řešení s již využívanou verzí DT a AI. Podmínky v provozu, kde dochází ke sběru informací, jsou z hlediska požadavků na technické řešení standardní a nevyžadují žádné speciální úpravy.

5.3.3 Metodika výzkumu

Na základě zadané problematiky k řešení byl proveden rozsáhlý průzkum internetových zdrojů pro získání povědomí o aktuálně dostupných technologiích v řešené oblasti. V rámci šetření byli kontaktováni tuzemští i zahraniční dodavatelé, kteří splňovali požadavky na potenciální implementaci možných řešení u Respondenta 3, které vyplynuly z průzkumu aktuální nabídky trhu. Nalezená řešení zadané problematiky a poznatky z emailové komunikace s potenciálními dodavateli byly diskutovány v rámci online meetingů s představiteli managementu Respondenta 3, který s výsledky průzkumu a navrhovanými řešeními naložil dle vlastních preferencí. Management Respondenta 3 se uplatněním námi navrhovaných řešení dále zabývá ve své podnikové praxi.

5.3.4 Výsledky průzkumu trhu a navrhovaná řešení

Na základě průzkumu trhu a průběžných diskuzích s Respondentem 3 byla nalezena možná řešení pro zadanou problematiku, která budou uvedena v rámci této kapitoly. Vzhledem k tomu, že Respondent 3 uvedl, že stavové veličiny mohou být na výrobním zařízení zobrazovány jak analogově pomocí číselníkových měřáků (např.: manometr, číselníkový

teploměr), tak digitálně pomocí přímých čísel na displejích, návrh řešení se pro tyto dva typy zobrazení lišil.

Pro **digitálně zobrazované veličiny** bylo nutné nalézt takové řešení, které by bylo schopno snímat vyobrazený číselný text a přenést nejlépe pomocí bezdrátového připojení do systému DT pro následné zpracování pomocí AI. Nalezení takového řešení nebylo v rámci průzkumu jednoduché, a to vzhledem k tomu, že většina aplikačních řešení se netýká průmyslových oblastí.

Jako jedno z možných řešení se nabízí řešení sběru dat s pomocí OCR kamer, kdy trh je plný nabídek dostupnosti a implementace těchto zařízení. Hlavním problémem však je, že převážná část těchto nabídek se netýká průmyslového sektoru, ale lékařské oblasti, kde jsou tato zařízení nabízena pro zrakově postižené pacienty, jimž kamery snímající text napomáhají se čtením textu, který jim následně příslušný software převede do sluchového rozhraní. Další část nabídky OCR kamerových systémů se týkala administrativního využití, kdy systémy založené na tomto principu jsou schopny skenovat příslušné dokumenty a převádět je tak z papírových verzí do digitální podoby. Tento způsob využití ulehčuje proces digitalizace podnikové dokumentace, kdy administrativní pracovníci nejsou vázáni hodinami práce pracného přepisování dokumentů či ručně psaných poznámek. Avšak ani jedno z nalezených řešení neodpovídalo požadavkům Respondenta 3 na možná řešení stanovené problematiky.

V následujícím hlubším a rozsáhlejším pátrání došlo k zaměření na to, zda jsou OCR kamerové systémy schopny uplatnit svůj potenciál také v průmyslové oblasti. Následně bylo zjištěno, že OCR kamery jsou implementovány taktéž v průmyslovém sektoru a jejich uplatnění je širší než původní účel, ke kterému byly vyvinuty. Tato zařízení jsou používána v rámci strojového vidění pro následné zpracování AI, kdy jsou součástí jak samotné výroby (čtení kódů), tak kontroly kvality (kontrola textu/kódu na výrobku).

I přes to, že uplatnění v průmyslovém sektoru je v kombinaci s AI časté, počet dodavatelů je v České republice velmi omezen. V návaznosti na průzkum byli identifikováni a osloveni dva tuzemští dodavatelé OCR kamerových systémů pro získání podrobností k možnému řešení. Z emailové komunikace s Dodavatelem 7 a Dodavatelem 8 vyšly srovnatelné závěry. Kamery typu OCR jsou dodávány zpravidla na míru jako součást rozsáhlejšího řešení, což je také důvod, proč cena těchto zařízení není jednotně stanovena a veřejně uváděna. Pro běžnou implementaci v průmyslovém prostředí se cenově pohybuje pořízení a instalace OCR kamery od 30 000,- Kč za kus. Avšak stanovení konečné ceny dodávky záleží na okolních podmínkách, kterým bude kamerové zařízení vystavováno (teplota, tlak, vlhkost, osvětlení), vzdálenosti, která se bude nacházet mezi čteným textem a kamerou a cyklem čtení, které kamera

bude poskytovat. Zahraniční dodavatelé nabízeli srovnatelné možnosti řešení této problematiky jako dodavatelé tuzemští. Základní parametry zjištěných řešení byly spolu s kontakty na dodavatele předány Respondentovi 3 k dalšímu využití ve své praxi.

Pro **analogově zobrazované veličiny**, tedy veličiny, které jsou odečítány z příslušných číselníkových měřáků, je řešení poněkud složitější. Zde se nejedná pouze o běžná zařízení na rozpoznávání textu, ale o AI, která je schopna veličinu z řady přesně odečíst, což vzhledem k tvaru a velikosti stupnice je velice variabilní a pro AI obtížnější proces na rozdíl od prostého porovnávání rozpoznávaného textu s dostupnou databází znaků.

I pro tyto výchozí podmínky byla provedena podrobná analýza a jako možné řešení bylo identifikováno zařízení zvané obecně Wireless Gauge Reader (WGR), jehož jednodušší verze byla představena již okolo roku 2009 nejmenovanou americkou společností. Jednalo se o bezdrátové zařízení, které bylo vyvinuto ve spolupráci se známou společností Honeywell, avšak vývoj této technologie nijak zásadně během let nepokračoval. Zmínky o tomto zařízení od roku 2009 nepokračovaly, jejich prodej byl zastaven a nyní jsou k dispozici pouze z druhé ruky na různých bazarových platformách. Další průzkum vedl k novější verzi zařízení WGR, jehož vývojem, výrobou a prodejem se dle dostupných informací zabývá jen několik málo společností na světě. Jedná se o zařízení, které se jednoduše připevní zacvaknutím na číselníkový měřák, který následně bezdrátově v požadované odečítací frekvenci zasílá data do kompatibilního softwaru. Toto zařízení, zobrazené na Obrázku 12, je zcela neinvazivní a jeho instalace trvá pouze několik minut. V návaznosti na nedostupnost dodavatelů tohoto zařízení v České republice byl kontaktován zahraniční Dodavatel 9 pomocí emailové komunikace.



Obrázek 12: Gauge Reader pro číselníkový měřák dle Dodavatele 9

Dodavatel 9 byly položeny otázky týkající se možnosti kompatibility se softwarem DT a AI, dosahu bezdrátového spojení, nákladovosti a možnosti implementace v České republice. Sídlo Dodavatele 9 se nachází v Severní Americe, a i přes rozdílné časové pásmo odpověděl během 48 hodin na zasláný email. Dodavatel 9 poskytuje WGR, které jsou pomocí API (Application Programming Interface), tedy aplikačního rozhraní nebo skrze zařízení Green box, který využívá komunikační protokol OPC (Open Platform Communications), kompatibilní s jinými softwary. Aktuálně je dle Dodavatele 9 implementace v České republice možná. Pro jednoduché číselné měřáky je možné absolvovat školení skrze streamovací aplikaci Zoom, kdy Dodavatel 9 zároveň se školením poskytne nástroj pro kalibraci. U složitějších číselných měřidel je nutné, aby jeden ze zaměstnanců Dodavatele 9 byl vyslán do České republiky nainstalovat a kalibrovat WGR zařízení, což dodavatel primárně doporučil. Cena se pohybuje od 2 000 USD za jedno zařízení, kdy je do částky započítáno jak zařízení, tak veškeré náklady spojené s implementací. Dodavatel 9 ve své emailu zmiňuje, a taktéž na svých webových stránkách, že je třeba tyto náklady srovnat s náklady vynaloženými na výměnu měřidel spojených s vedením kabelů, porušení těsnění atd. v prostředí chemické výroby, které jsou dle Dodavatele 9 až mnohonásobně vyšší. Toto řešení používá pro přenos dat bezdrátovou bránu LoRa při 900 MHz, které na prostranství bez překážek dokáže přenést data až do vzdálenosti několika kilometrů. Pokud vezmeme v potaz, že ve výrobním areálu se nachází překážky ve formě budov a dalších výrobních zařízení (záleží také na množství a druhu přítomného kovu, který může přenos rušit), mluvíme o datovém přenosu do vzdálenosti 75 metrů, který však lze ještě posílit dalším zařízením. V případě zájmu nabídl dodavatel online meeting pro dohodnutí dalších požadavků a detailů implementace na míru.

Současně s Dodavatelem 9 byl taktéž kontaktován další potenciální dodavatel řešení pro odečítání analogicky zobrazovaných veličin, který bude dále označován jako Dodavatel 10. Dodavatel 10 pochází ze států severní Evropy a zpočátku se jevil jako jediným potenciálně možným dodavatel řešení zadané problematiky, a to i vzhledem k tomu, jak se na svých webových stránkách prezentoval a zároveň představoval jednoho z mála evropských dodavatelů hledaného řešení. Dodavatel 10 byl taktéž kontaktován s pomocí emailové komunikace se stejnými otázkami, jaké byly zaslány Dodavateli 10, tedy otázky ohledně možnosti kompatibility řešení se softwarem DT a AI, dosahu bezdrátového spojení, nákladovosti a možnosti implementace v České republice. I přes to, že Dodavatel 10 odpověděl na mé otázky v podstatě obratem, komunikace s ním byla velice obtížná, co se srozumitelnosti sdílených informací týče. I přes to, že na svých webových stránkách se prezentuje softwarovým řešením pro odečítání stavových veličin analogové podoby z budíkových měřáků, tak po velice

dlouhé komunikaci nakonec vyplynulo, že Dodavatel 10 poskytuje pouze platformu cloudového charakteru, která napomáhá podnikům k rychlejší digitalizaci. Dodavatel 10 neposkytuje svým zákazníkům žádné hardwarové řešení a pouze doporučil, řešení pomocí kamerových systému či mobilních zařízení, jejichž výstupy jejich nabízená platforma zpracuje, zanalyzuje a ověří jejich správnost. V rámci své platformy nabízejí také propojení s DT a AI, avšak toto rozhodně není hledané řešení, které by bylo pro posuzovanou problematiku Respondenta 3 vhodné.

Pro Respondenta 3 připadala také možnost řešení zadané problematiky v podobě nákupu licence pro využívání mobilní či jiné aplikace, která by měla univerzální charakter pro odečítání veličin analogových, digitálních či obou možností. I přes důkladné hledání na trhu nebyl nalezen žádný dodavatel, který by takovouto aplikaci do mobilních zařízení poskytoval ať už v jakékoliv verzi, která by řešila posuzovanou problematiku.

5.3.5 Vyhodnocení výsledků a navrhovaných řešení pro DT

Na základě zjištěných skutečností o možnosti řešení pro jednotlivé typy zařízení byla vypracována následující doporučení pro řešení problematiky zadané Respondentem 3.

Pro **digitálně zobrazované veličiny** je nejvhodnějším dostupným řešením implementace OCR kamerových systémů, a to hned z několika důvodů. Zde je možné zdůraznit, že dle podrobného průzkumu se jedná o jediné vhodné řešení pro tuto problematiku, a i po rozsáhlém pátrání se jiná možnost řešení na trhu nenaskytla. Pro řešení této problematiky je nabídka na trhu vysoce nedostatečná. Pokud tedy uvažujeme OCR kamerové systémy implementovat, musíme počítat také s omezeným počtem dodavatelů na českém trhu, kterých je zde v řádů jednotek. Dodavatelé jsou velice ochotní navazovat spolupráci, nabídka se vždy klientovi dělá na míru dle jeho potřeb po důkladném jednání. Bohužel se jedná o velice nákladné řešení, jehož cena se odvíjí od posouzení několika faktorů.

Pro **analogově zobrazované veličiny** je možné doporučit implementaci WGR od Dodavatele 9, který je dle výsledků průzkumu trhu jediný, který toto řešení nabízí. Nevýhodou však je vzdálenost, která se mezi Respondentem 3 a Dodavatel 9 nachází. Avšak Dodavatel 9 nabízí možnost vzdálené komunikace, popřípadě zaslání technika. Na českém ani evropském trhu se bohužel dodavatel nabízející řešení zadané problematiky nevyskytuje. Nevýhodou této implementace je však opět cena.

Tabulka 1: Charakteristiky jednotlivých řešení problematiky DT

Technické řešení	inovace čidel	WGR	OCR kamery
Typ řešení	původní	navrhované	navrhované
Dodavatel	-	Dodavatel 9	Dodavatel 7 Dodavatel 8
Typ zobrazovaných veličin	analogové, digitální	analogové	digitální
Cena za jednotku od [Kč]	15 000	42 900	30 000
Závěr	doporučeno	nedoporučeno	nedoporučeno

Zdroj: vlastní zpracování

V Tabulce 1 jsou znázorněny jednotlivé varianty doporučovaných řešení společně s cenovou hladinou, od které se dané řešení pohybuje. Ceny jsou přepočítány na české koruny, a to aktuálním kurzem USD k 19.4.2023. Z Tabulky 1 tak vyplývá, že i přes rozsáhlý průzkum tuzemského i zahraničního trhu se jako nejvhodnější varianta nabízí původní plánované řešení Respondent 3, a to kompletní výměna čidel v podnikovém provozu. Vzhledem k tomu, že se jedná o variantu, jejíž náklady jsou na jednotku zhruba poloviční, a zároveň se jedná o variantu, která přímým způsobem vede ke kompletní digitalizaci, není zde na jiné řešení relevantní prostor. Zároveň pokud bychom upřednostnili jinou variantu, není zde řešení, které by kompletně pokrylo požadavek pro oba typy zobrazovaných veličin, a tak by nastala komplikace v podobě implementace rozdílných řešení pro jednotlivé typy od různých dodavatelů. Proto v závěru výzkumu je vhodné doporučit implementaci původně zvažovaného řešení, a to kompletní výměnu čidel, která povede ke kompletní digitalizaci a automatizaci provozu společně ve spojení s DT a AI.

Absence nabídky technického řešení uvedené problematiky spojené s provozem DT je možné vyhodnotit jako velkou podnikatelskou příležitost a díru na trhu, kdy pokud by bylo vyvinuto technicky průchozí a cenově přijatelné řešení v podobě aplikace pro mobilní telefony, mělo by potenciál velkého podnikatelského úspěchu. Nabídka takového řešení by mohla být u podniků velice populární, jelikož by se jednalo o mezistupeň digitalizace podnikání, ke kterému většina podniků na dnešním trhu postupně směřuje. Zároveň by se jednalo o nákladově úspornější variantu, jelikož jednorázový výdaj na nákup takové aplikace by dle předpokladů vyšel daleko levněji než výměna stovky čidel v podnikovém prostředí. Toto tvrzení dokazuje

také preference Respondenta 3 o tuto formu řešení problematiky namísto dalších zjištěných možností řešení. Zároveň by se mohlo jednat o cenově a technologicky přívětivější variantu pro malé a střední podniky, které nedisponují možností investovat vysoké částky, které jsou v případě inovací tohoto typu bezpochyby potřebné.

5.4 Celkové shrnutí výsledků uplatnění virtuálních technologií v chemickém průmyslu

Z provedených výzkumů týkajících se jednotlivých virtuálních technologií vyplývá, že ač je dle rešerše chemický průmysl považován za velice opatrný v implementaci moderních technologií spadajících do Průmyslu 4.0, stále zde panuje zájem o modernizaci chemických výrob. Důvody tohoto zájmu se v případě VR, AR a DT liší, avšak každý z důvodů je podnícen převážně zvýšením efektivity procesů a dále pak zaujetím nastupující Generace Z, jakožto současných či potenciálních zaměstnanců chemických podniků.

V rámci řešení problematiky VR technologie byla zaznamenána vysoká rychlost vývoje moderních technologií, kdy technologie implementované Respondentem 1 v roce 2020 byly již nyní, v roce 2023, zastaralé. Tento jev podnítil zájem o inovaci technického vybavení a softwaru pro vzdělávání zaměstnanců a zaujetí externích osob v rámci budování image podniku. Při základním srovnání aktuálních nabídek na dodavatelském trhu se jako nejefektivnější řešení jeví implementace bezdrátové technologie v podobě VR headsetu se zabudovaným trackerem, kdy tato technologie funguje na principu handsfree. Nejefektivnější variantou softwarové řešení je vývoj scénářů na zakázku. Obecně lze v oblasti využití VR pro vzdělávání počítat s komplikacemi spojenými s vysokou technickou a investiční náročností přípravy, a to zejména v případě požadavku na hromadné školení osob, které je však oproti školení jednoho uživatele daleko efektivnější. Další komplikací spojenou s implementací je také riziko rychlého zastarávání implementovaného hardwarového i softwarového řešení. Z tohoto důvodu by mělo docházet také k hodnocení efektivnosti dodavatelských nabídek z hlediska možnosti sjednání smlouvy zajišťující podporu případných aktualizací s ohledem na postupné rozšiřování či případnou modernizaci hardwarového vybavení. Chemický průmysl má však velký potenciál pro uplatnění VR technologií, a to převážně ve školících procesech, díky nimž si uživatel může vyzkoušet školení BOZP, havarijní situace, konkrétní pracovní činnosti apod. Stále však panuje problém obdržení zpětné vazby či hodnocení efektivity této implementace.

V chemickém průmyslu není AR technologie prozatím atraktivním řešením, i přes to, že tato technologie má v tomto odvětví svůj potenciál. Opravárenské procesy a procesy údržby vykazují sice vysokou perspektivu pro využití této technologie, avšak vysoké počáteční náklady většinou snižují atraktivitu této technologie a podniky se uchylují k investování dostupných finančních prostředků do jiné oblasti modernizace. Primárně je AR stále využívána ve skladových prostorech, což také potvrzuje implementace u Respondenta 2.

Důvodem je převážně neúplná důvěra ve funkčnost a spolehlivost této technologie tak, aby ji bylo možné uplatnit v procesech, na nichž záleží bezpečnost a efektivita celé výroby. Avšak výrazně atraktivní oblastí, kde tuto technologii lze uplatnit je podnikový marketing. V tomto ohledu může být technologie nápomocná k propagaci, marketingovým kampaním či k ukázkám výrobků v podobě virtuální implementace v prostoru. Avšak i přes vysokou atraktivitu jsou potřebné počáteční investice na implementaci AR technologie příliš vysoké a pravděpodobnost implementace AR v chemickém průmyslu je tak stále poměrně nízká.

DT je jednou z technologií, o kterou je dle získaných informací v chemickém průmyslu opravdu zájem. V případě uvedení nového zařízení do provozu je řízení pomocí DT nedílnou součástí, což také potvrzuje vyjádření Respondenta 3 o závislosti výroby na této technologii. I Respondent 1, s kterým byla primárně řešena technologie VR, se zmínil o vysokém přínosu této technologie ve výrobním procesu v podnikovém areálu. U starších výrobních zařízení bohužel stále není a nejspíše ani z technických důvodů nebude možné technologii DT plnohodnotně zavést. Tato situace vede k tomu, že pokud ve výrobních areálech budou stále funkční výrobní zařízení, které vzhledem k nákladovosti výstavby zařízení nového nebude efektivní nahrazovat, nebude možné zavést DT v plném rozsahu. Příčinou nemožnosti digitalizace je snímání údajů, které jsou potřeba v digitalizované podobě k plné funkčnosti DT, pomocí klasických technologií, které se zpětně problematicky digitalizují a jsou tak závislé na lidské práci. Tento v rámci výzkumu identifikovaný problém byl analyzován a následně bylo navrženo jeho vhodné řešení. Analyzovaný problém však bude muset řešit, či již řeší, většina chemických podniků, jejichž výroba se postupně digitalizuje. I přes to, že z analýzy trhu vyplynula existence možného technologického řešení problému digitalizace starších výrobních zařízení v podobě implementace doplňkového zařízení, stále se jedná o finančně nevýhodnou variantu v porovnání s digitalizací v podobě kompletní výměny zařízení pro sběr dat. Obě varianty se však pro chemický průmysl jeví stále jako příliš nákladné. Nejeftivnější cestu k postupné digitalizaci výrobních procesů by vykazovala mobilní aplikace pro skenování stavových veličin, kterou však trh momentálně nabízí. Jedná se tak o podnikatelskou příležitost a díru na trhu, která by mohla představovat ekonomicky přijatelnější mezistupeň digitalizace, a to jak pro malé, střední, tak i velké podniky, které ve svých areálech čítají desítky senzorů.

Implementace virtuálních technologií v chemickém průmyslu není v porovnání s ostatními průmyslovými výrobami příliš častá, a to především vzhledem k důrazu na spolehlivost, robustnost, bezpečnost a efektivitu implementovaných technologií. Výsledky výzkumu však prokázaly, že implementace moderních technologií jsou u velkých podniků

chemického průmyslu dnes již běžnou praxí. Moderní technologie typu VR, AR a DT jsou již implementovány a zároveň je zde zájem a prostor pro další rozšíření či inovace.

Závěr

Diplomová práce zaměřená na téma uplatnění virtuálních technologií v prostředí chemického průmyslu se soustředila na uplatnění technologií VR, AR a DT v podnicích chemického průmyslu v České republice. Hlavní cíl se skládal ze dvou dílčích cílů, kdy naplnění první dílčího cíle je realizováno v rešeršní části práce v kapitolách 1 až 4 a naplnění druhého dílčího cíle je řešeno v praktické části v rámci kapitoly 5.

Prvním dílčím cílem, bylo zmapovat počátek virtuálních technologií a jejich vývoj v čase, dále pak charakterizovat jednotlivé technologie, představit jejich technické možnosti a zároveň zmapovat jejich praktické využití jak v podnicích, tak mimo ně. Tento cíl byl naplněn pomocí rozsáhlé rešerše dané problematiky, z které vyplývají následující závěry.

Mezi virtuální technologie lze zařadit VR, AR a DT, jejichž vývoj započal již v 50. letech minulého století. V posledních letech zažily tyto technologie obrovský rozmach, a to především v podnikové praxi, kde jejich implementace vzrostla díky trendu digitalizace, automatizace a robotizace podnikových procesů. Urychlení implementace dle rešerše také napomohla celosvětová pandemie COVID-19, která začala na počátku roku 2020 a vedle negativních dopadů na společnost, přinesla i pozitivní dopady, a to právě v masivnějším využívání informačních a komunikačních technologií.

VR představuje uživateli plně interaktivní syntetizované prostředí, které navozuje pocit reálnosti. Její potenciál spočívá převážně ve vzdělávání zaměstnanců či žáků (studentů) základních, středních a vysokých škol. Potenciál této technologie spočívá také ve výcviku pracovníků zejména v průmyslové oblasti, kde jsou zaměstnanci touto metodou školeni. Vzdělávání zaměstnanců ve VR prostoru probíhá pomocí tréninkových scénářů v oblasti práce ve výrobě, BOZP, požární ochrany, ale i dalších oblastí, a to bez potřeby výstavby reálného prostředí s možností simulace a procvičování reakcí na extrémní situace, kdy takto reálná příprava a dostatečné proškolení pracovníka může vést k vyšší připravenosti na extrémní situace. Průmyslové odvětví využívá VR také k modelingu nových zařízení či nastínění designu výrobků ve fázi výzkumu a vývoje či jako názornou interpretaci zákazníkovi.

AR je technologií dosazující virtuální prvky do reálného světa. Potenciál AR je především v údržbářských a logistických procesech. Údržbářské procesy využívají efektivitu AR především pro snížení času potřebného k opravám, který je ušetřen díky potřebným a relevantním instrukcím vyobrazených v zorném poli pracovníka v případě využití SG či v blízkosti objektu zájmu v případě využití mobilního zařízení (mobilní telefony, tablety). Zároveň je takto snížena možnost nastolení rizikové situace, která by mohla být způsobena

nesprávným pracovním postupem. V logistických procesech se AR jeví jako efektivní z hlediska zkrácení pracovní dráhy dělníka ve skladových prostorech při hledání vhodné položky při kompletaci objednávek či z hlediska zkrácení dráhy řidičů z bodu A do bodu B pomocí dosazení virtuálních prvků do reálné silniční dráhy.

DT vytváří virtuální dvojče reálného objektu. Tato technologie jeví největší potenciál pro chemický průmysl ze všech zmiňovaných virtuálních technologií, jelikož její uplatnění je velice široké. Běžné je tato technologie implementována v logistických procesech, kontrole kvality, e-commerce, a to z důvodu snižování nákladů, optimalizace a zvyšování retence zákazníků. Výrobní podniky tuto technologii využívají běžně pro efektivní řízení výrobních procesů na základě sesbíraných a analyzovaných dat v digitální podobě.

Virtuální technologie jsou obecně vnímány jako vysoce perspektivní do budoucna z hlediska výhod, které do různých odvětví přinášejí. V průmyslových procesech mají dle mnoha zahraničních studií velký potenciál, a i z tohoto důvodu neustále stoupá zájem investorů a panuje tak neustálý boj mezi lídry technického vývoje.

Dílním cílem, naplněným v praktické části práce, bylo analyzovat možnosti praktického využití virtuálních technologií v podnicích chemického průmyslu, identifikovat problémové oblasti a oblasti dalšího možného rozvoje a navrhnout souhrnné doporučení. Tento cíl byl naplněn na základě realizovaných řízených rozhovorů a mapování aktuálního stavu řešení na dodavatelském trhu.

V souvislosti s VR technologiemi byl realizován řízený rozhovor s Respondentem 1 působícím v chemickém průmyslu, který implementoval tuto technologii v roce 2020 a nyní ji považuje za zastaralou. V současné době respondent využívá VR technologii v rámci zaměstnaneckých školení a za účelem propagace podniku externím osobám. V souvislosti s využitím VR při školení zaměstnanců eviduje Respondent 1 několik problémů, které by rád vyřešil inovací VR technologie v rámci Tréninkového centra. Na základě těchto informací byl realizován výzkum zaměřený na porovnání dodavatelských nabídek na tuzemském trhu. Respondent 1 stanovil podmínky, za kterých má být implementace označována jako úspěšná. Na základě analýzy nabídky na trhu a s ohledem na zjištěné skutečnosti bylo navrženo další technické řešení rozvoje Tréninkového centra.

AR technologie se dle řízených rozhovorů s dvěma dodavateli jeví jako vysoce perspektivní, avšak v současné době je roční počet implementací velice nízký. Český průmysl dle dodavatelů nyní není plně připraven na přijetí této technologie, což je mimo jiné způsobeno také nízkou flexibilitou tuzemského průmyslu na přijetí nových technologických trendů. Hardwarové využití se liší z hlediska sektoru využití, kdy průmysl upřednostňuje využití SG,

jelikož se jedná o technologii handsfree. Nízká implementace AR u chemických firem je dle oslovených dodavatelů způsobena nedostatečnou spolehlivostí této technologie v potenciálně rizikových procesech. Poptávky v chemickém průmyslu neevoluují, avšak jsou otevřeny potenciální spolupráci. Na základě rešeršní části a realizovaných rozhovorů bylo ustanoveno několik souhrnných doporučení na rozšíření uplatnění AR u Respondenta 2, který v současné době využívá tuto technologii ve skladových prostorech.

DT je v průmyslu vysoce perspektivní technologií. Ve spolupráci s Respondentem 3, jakožto podnikem chemického průmyslu, bylo posouzeno využití DT v podnikové praxi, identifikován problém týkající se integrace stavových veličin výrobního zařízení z digitálních či analogových měřáků do technologie DT. Na základě analýzy trhu byly navrženy alternativní řešení, které byly posouzeny z hlediska ekonomické výhodnosti, a následně byla vydána souhrnná doporučení. Z výzkumu vyplývá, že obdobný problém lze očekávat u většiny podniků chemického průmyslu. Napojení DT na stávající technologie a způsob jejich monitorování je obecný problém, tudíž je zde prostor pro vývoj aplikace zaměřené na tuto funkcionalitu.

Z realizovaného výzkumu tedy vyplývá, že aktuální stav využití virtuálních technologií v prostředí chemického průmyslu je v začátcích, i přes to, že vysoká perspektiva těchto technologií je v této oblasti známá. Do budoucna mají virtuální technologie v chemickém průmyslu velký potenciál, kdy snaha podniků o implementaci těchto technologií je zřejmá. Největší překážkou však stále zůstává finanční náročnost, která je stále vysoká v porovnání s potenciálními přínosy.

Použitá literatura

- [1] BUJÁRKOVÁ, Adéla. *Využití prvků Průmyslu 4.0 v chemickém průmyslu* [online]. Pardubice, 2021 [cit. 2023-01-16]. Dostupné z: https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/78432/BujarkovaA_VyuzitiPrvku_JK_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice. Vedoucí práce Ing. Jana Košťálová, Ph.D.
- [2] MAZURYK, Tomasz a Michael GERVAUTZ. *Virtual Reality - History, Applications, Technology and Future* [online]. 1-3 [cit. 2022-10-20]. Dostupné z: databáze Citeseeru
- [3] MAŘÍK, Vladimír. *Průmysl 4.0 - Výzva pro českou republiku*. 1. Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0.
- [4] WOHLGENANT, Isabell, Alexander SIMONS a Stefan STIEGLITZ. *Virtual Reality. Business & Information Systems Engineering* [online]. 2020, **62**(5), 455-458 [cit. 2022-10-28]. ISSN 2363-7005. Dostupné z: doi:10.1007/s12599-020-00658-9
- [5] KOPŘIVA, Lukáš a Daniel KUČERKA. *VIRTUÁLNÍ REALITA: TECHNOLOGIE, POUŽITÍ. Mladá věda* [online]. 2017, **5**(7), 39-44 [cit. 2022-10-20]. ISSN 1339-3189. Dostupné z: databáze ProQuestu
- [6] *Virtuální realita - historie a současnost*. In: *VR Education* [online]. Olomouc: VR Education, 2022 [cit. 2022-10-23]. Dostupné z: <https://vreducation.cz/virtualni-realita-historie-a-soucasnost/>
- [7] DIXON, Steve. *A history of virtual reality in performance*. *International Journal of Performance Arts and Digital Media* [online]. 2006, **2**(1), 23-25 [cit. 2022-10-23]. ISSN 1479-4713. Dostupné z: doi:10.1386/padm.2.1.23/1
- [8] LEE, In. *Big data: Dimensions, evolution, impacts, and challenges*. *Business Horizons* [online]. 2017, **60**(3), 293-303 [cit. 2023-01-16]. ISSN 00076813. Dostupné z: doi:10.1016/j.bushor.2017.01.004
- [9] BAMODU, Oluleke a Xu MING YE. *Virtual Reality and Virtual Reality System Components*. *Advanced Materials Research* [online]. Paris, France: Atlantis Press, 2013, (765-767), 1169-1172 [cit. 2022-12-06]. ISSN 978-3-03826-179-7. Dostupné z: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.765-767.1169>
- [10] ALSOP, Thomas. *Consumer and enterprise virtual reality (VR) market revenue worldwide from 2021 to 2026*. In: *Statista* [online]. NY, 2022 [cit. 2022-10-28].

- Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/1221522/virtual-reality-market-size-worldwide/>
- [11] ALSOP, Thomas. Virtual reality (VR) headset sales volume growth worldwide from 2018 to 2027. In: *Statista* [online]. NY, 2022 [cit. 2022-10-28]. Dostupné z: <https://www.statista.com/forecasts/1331897/vr-headset-sales-volume-growth-worldwide>
- [12] Augmented Reality and Virtual Reality Market by Technology Type: COVID-19 Impact on the global VR and AR market. In: *MARKETSANDMARKETS* [online]. India, 2022 [cit. 2022-10-28]. Dostupné z: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/augmented-reality-virtual-reality-market-1185.html>
- [13] Augmented Reality and Virtual Reality Market by Technology Type: TOP 5 Key Market Players in AR and VR Industry. In: *MARKETSANDMARKETS* [online]. India, 2022 [cit. 2022-10-28]. Dostupné z: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/augmented-reality-virtual-reality-market-1185.html>
- [14] In: RIVA, Giuseppe, Clelia MALIGHETTI, Alice CHIRICO, Daniele DI LERNIA, Fabrizia MANTOVANI a Antonios DAKANALIS. *Rehabilitation interventions in the patient with obesity* [online]. [cit. 2022-10-23]. ISBN 978-3-030-32273-1.
- [15] WANG, Dangxiao, Yuan GUO, Shiyi LIU, Yuru ZHANG, Weiliang XU a Jing XIAO. Haptic display for virtual reality: progress and challenges. *Virtual Reality & Intelligent Hardware* [online]. 2019, 1(2), 136-162 [cit. 2022-12-06]. ISSN 20965796. Dostupné z: doi:10.3724/SP.J.2096-5796.2019.0008
- [16] NIEDENTHAL, Simon, William FREDBORG, Peter LUNDÉN, Marie EHRNDAL a Jonas K. OLOFSSON. A graspable olfactory display for virtual reality. *International Journal of Human-Computer Studies* [online]. Elsevier, 2023, 169 [cit. 2022-12-06]. ISSN 10715819. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijhcs.2022.102928
- [17] KARUNANAYAKA, Kasun, Nurafiqah JOHARI, Surina HARIRI, Hanis CAMELIA, Kevin Stanley BIELAWSKI a Adrian David CHEOK. New Thermal Taste Actuation Technology for Future Multisensory Virtual Reality and Internet. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* [online]. 2018, 24(4),

- 1496-1505 [cit. 2022-12-06]. ISSN 1077-2626. Dostupné z: doi:10.1109/TVCG.2018.2794073
- [18] ZHANG, Hui. Head-mounted display-based intuitive virtual reality training system for the mining industry. *International Journal of Mining Science and Technology* [online]. Elsevier, 2017, **27**(4), 717-722 [cit. 2022-12-08]. ISSN 20952686. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijmst.2017.05.005
- [19] IHLENFELDT, W.-D. Virtual Reality in Chemistry. *Journal of Molecular Modeling* [online]. 1997, **3**(9), 386-402 [cit. 2023-01-16]. ISSN 16102940. Dostupné z: doi:10.1007/s008940050056
- [20] DESAI, Parth Rajesh, Pooja Nikhil DESAI, Komal Deepak AJMERA a Khushbu MEHTA. A Review Paper on Oculus Rift-A Virtual Reality Headset. *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)* [online]. India, 2014, **4**(13), 175-179 [cit. 2022-12-08]. ISSN 2231-5381.
- [21] MANJREKAR, Siddhesh, Shubhrika SANDILYA, Deesha BHOSALE, Sravanthi KANCHI, Adwait PITKAR a Mayur GONDHALEKAR. CAVE: An Emerging Immersive Technology -- A Review. In: *2014 UKSim-AMSS 16th International Conference on Computer Modelling and Simulation* [online]. IEEE, 2014, s. 131-136 [cit. 2022-12-25]. ISBN 978-1-4799-4922-9. Dostupné z: doi:10.1109/UKSim.2014.20
- [22] HAVIG, Paul, Peter L. MARASCO, Paul R. HAVIG, John MCINTIRE a Eric GEISELMAN. Virtual reality in a cave: limitations and the need for HMDs?. In: *Head- and Helmet-Mounted Displays XVI.: Design and Applications* [online]. 8041. Orlando, Florida, 2011, s. 1-2 [cit. 2022-12-25]. Dostupné z: doi:10.1117/12.883855
- [23] LEBIEDZ, Jacek a Adam MAZIKOWSKI. Multiuser Stereoscopic Projection Techniques for CAVE-Type Virtual Reality Systems. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems* [online]. 2021, **51**(5), 535-536 [cit. 2022-12-25]. ISSN 2168-2291. Dostupné z: doi:10.1109/THMS.2021.3102520
- [24] MARAYONG, Panadda, Praveen SHANKAR, Jessica WEI, Hanson NGUYEN, Thomas Z. STRYBEL a Vernol BATTISTE. Urban Air Mobility System Testbed using CAVE Virtual Reality Environment. In: *2020 IEEE Aerospace Conference* [online]. IEEE, 2020, s. 1-2 [cit. 2022-12-25]. ISBN 978-1-7281-2734-7. Dostupné z: doi:10.1109/AERO47225.2020.9172534

- [25] LI, Yang, Jin HUANG, Feng TIAN, Hong-An WANG a Guo-Zhong DAI. Gesture interaction in virtual reality. *Virtual Reality & Intelligent Hardware* [online]. Beijing, 2019, **1**(1), 84-112 [cit. 2022-12-07]. ISSN 20965796. Dostupné z: doi:10.3724/SP.J.2096-5796.2018.0006
- [26] GANDHI, Ronak Dipakkumar a Dipam S. PATEL. Virtual Reality: Opportunities and Challenges. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)* [online]. Nadiad, 2018, **01**(05), 482-490 [cit. 2022-12-07]. ISSN 2395-0056. Dostupné z: www.irjet.net
- [27] CASERMAN, Polona, Augusto GARCIA-AGUNDEZ, Robert KONRAD, Stefan GÖBEL a Ralf STEINMETZ. Real-time body tracking in virtual reality using a Vive tracker. *Virtual Reality* [online]. 2019, **23**(2), 155-168 [cit. 2022-12-07]. ISSN 1359-4338. Dostupné z: doi:10.1007/s10055-018-0374-z
- [28] TEMOCHE, Pablo, Esmitt RAMÍREZ a Omaira RODRÍGUEZ. A LOW-COST DATA GLOVE FOR VIRTUAL REALITY. *Proceedings of XI International Congress of Numerical Methods in Engineering and Applied Sciences (CIMENICS)* [online]. Los Chaguaramos, 2012, (2012) [cit. 2022-12-07].
- [29] CHEN, Yunqiang, Qing WANG, Hong CHEN, Xiaoyu SONG, Hui TANG a Mengxiao TIAN. An overview of augmented reality technology. *Journal of Physics: Conference Series* [online]. 2019, **1237**(2), 1-3 [cit. 2022-12-27]. ISSN 1742-6588. Dostupné z: doi:10.1088/1742-6596/1237/2/022082
- [30] CARMIGNIANI, Julie, Borko FURHT, Marco ANISETTI, Paolo CERAVOLO, Ernesto DAMIANI a Misa IVKOVIC. Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia Tools and Applications* [online]. 2011, **51**(1), 341-350 [cit. 2022-12-26]. ISSN 1380-7501. Dostupné z: doi:10.1007/s11042-010-0660-6
- [31] DE PACE, Francesco, Federico MANURI a Andrea SANNA. Augmented Reality in Industry 4.0. *American Journal of Computer Science and Information Technology* [online]. Turin, Italy, 2018, **06**(01), 1-5 [cit. 2022-12-27]. ISSN 23493917. Dostupné z: doi:10.21767/2349-3917.100017
- [32] BOTTANI, Eleonora a Giuseppe VIGNALI. Augmented reality technology in the manufacturing industry: A review of the last decade. *IJSE Transactions* [online]. 2019, **51**(3), 284-285 [cit. 2022-12-27]. ISSN 2472-5854. Dostupné z: doi:10.1080/24725854.2018.1493244

- [33] MILGRAM, Paul a Fumio KISHINO. A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*. 1994, **77**-(12), 1321-1329. ISSN 0916-8532.
- [34] DANIELSSON, Oscar, Magnus HOLM a Anna SYBERFELDT. Augmented reality smart glasses in industrial assembly: Current status and future challenges. *Journal of Industrial Information Integration* [online]. 2020, **20** [cit. 2023-01-13]. ISSN 2452414X. Dostupné z: doi:10.1016/j.jii.2020.100175
- [35] RAUSCHNABEL, Philipp A. a Young K. RO. Augmented reality smart glasses: an investigation of technology acceptance drivers. *International Journal of Technology Marketing* [online]. Inderscience Enterprises Ltd, 2016, **11**(2), 123-128 [cit. 2023-01-13]. ISSN 1741-878X. Dostupné z: doi:10.1504/IJTMKT.2016.075690
- [36] Technavio Publishes Market Forecast and Analysis on the Smart Glasses Market for Augmented Reality 2015-2019. In: *Technavio* [online]. USA, c2007-2021 [cit. 2023-01-13]. Dostupné z: <https://blog.technavio.org/pressrelease/technavio-publishes-market-forecast-and-analysis-on-the-smart-glasses-market-for>
- [37] DANIELSSON, Oscar, Magnus HOLM a Anna SYBERFELDT. Augmented reality smart glasses for operators in production: Survey of relevant categories for supporting operators. *Procedia CIRP* [online]. 2020, **93**, 1298-1303 [cit. 2023-01-13]. ISSN 22128271. Dostupné z: doi:10.1016/j.procir.2020.04.099
- [38] VANDERHORN, Eric a Sankaran MAHADEVAN. Digital Twin: Generalization, characterization and implementation. *Decision Support Systems* [online]. 2021, **145** [cit. 2023-01-13]. ISSN 01679236. Dostupné z: doi:10.1016/j.dss.2021.113524
- [39] KRITZINGER, Werner, Matthias KARNER, Georg TRAAR, Jan HENJES a Wilfried SIHN. Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification. *IFAC-PapersOnLine* [online]. 2018, **51**(11), 1016-1022 [cit. 2023-01-15]. ISSN 24058963. Dostupné z: doi:10.1016/j.ifacol.2018.08.474
- [40] CHOURASIA, Smruti, Hrishikesh BHARADWAJ CHAKRAPANI, Hitesh HINDUJA a Shreya KEKKAR. Industry 4.0.: Digital Twin and its Industrial Applications. *International Journal of Science, Engineering and Technology* [online]. 2020, **8**(4), 1-4 [cit. 2023-01-15]. ISSN 2348-4098.

- [41] ERRANDONEA, Itxaro, Sergio BELTRÁN a Saioa ARRIZABALAGA. Digital Twin for maintenance: A literature review. *Computers in Industry* [online]. 2020, **123** [cit. 2022-10-26]. ISSN 01663615. Dostupné z: doi:10.1016/j.compind.2020.103316
- [42] NEGRI, Elisa, Luca FUMAGALLI a Marco MACCHI. A Review of the Roles of Digital Twin in CPS-based Production Systems. *Procedia Manufacturing* [online]. 2017, **11**, 939-948 [cit. 2023-01-15]. ISSN 23519789. Dostupné z: doi:10.1016/j.promfg.2017.07.198
- [43] GÁMEZ DÍAZ, Rogelio, Qingtian YU, Yezhe DING, Fedwa LAAMARTI a Abdulmotaleb EL SADDIK. Digital Twin Coaching for Physical Activities: A Survey. *Sensors* [online]. 2020, **20**(20), 2-4 [cit. 2023-03-08]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s20205936
- [44] ZHU, Zexuan, Chao LIU a Xun XU. Visualisation of the Digital Twin data in manufacturing by using Augmented Reality. *Procedia CIRP* [online]. 2019, **81**, 898-900 [cit. 2023-03-08]. ISSN 22128271. Dostupné z: doi:10.1016/j.procir.2019.03.223
- [45] AWEL, Muna Ahmed a Ali Imam ABIDI. REVIEW ON OPTICAL CHARACTER RECOGNITION. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)* [online]. 2019, **06**(06), 3666 [cit. 2023-03-08]. ISSN 2395-0056.
- [46] Organization of the Monograph. In: CHAUDHURI, Arindam, Soumya K. GHOSH, Krupa MANDAVIYA a Pratixa BADELIA. *Optical Character Recognition Systems for Different Languages with Soft Computing* [online]. Springer International Publishing, 2017, s. 1-3 [cit. 2023-03-08]. ISBN 978-3-319-50252-6.
- [47] WOLFERT, Sjaak, Lan GE, Cor VERDOUW a Marc-Jeroen BOGAARDT. Big Data in Smart Farming – A review. *Agricultural Systems* [online]. 2017, **153**, 69-70 [cit. 2023-03-20]. ISSN 0308521X. Dostupné z: doi:10.1016/j.agsy.2017.01.023
- [48] HU, Sha, Fredrik RUSEK a Ove EDFORS. Beyond Massive MIMO: The Potential of Data Transmission With Large Intelligent Surfaces. *IEEE Transactions on Signal Processing* [online]. 2018, **66**(10), 2746-2758 [cit. 2023-03-20]. ISSN 1053-587X. Dostupné z: doi:10.1109/TSP.2018.2816577
- [49] AL-FALAHY, Naser a Omar Y. ALANI. Technologies for 5G Networks: Challenges and Opportunities. *IT Professional* [online]. 2017, **19**(1), 12-20 [cit. 2023-03-20]. ISSN 1520-9202. Dostupné z: doi:10.1109/MITP.2017.9

- [50] GEORGIU, J., K. DIMITROPOULOS a A. MANITSARIS. A Virtual Reality Laboratory for Distance Education in Chemistry. *International Journal of Social and Human Sciences* [online]. 2007, **1**(11), 617-624 [cit. 2023-01-16]. Dostupné z: doi:10.5281/zenodo.1082545
- [51] FERRELL, Jonathon B., Joseph P. CAMPBELL, Dillon R. MCCARTHY et al. Chemical Exploration with Virtual Reality in Organic Teaching Laboratories. *Journal of Chemical Education* [online]. 2019, **96**(9), 1961-1966 [cit. 2023-01-16]. ISSN 0021-9584. Dostupné z: doi:10.1021/acs.jchemed.9b00036
- [52] WALSH, Kenneth R. a Suzanne D. PAWLOWSKI. Virtual Reality: A Technology in Need of IS Research. *Communications of the Association for Information Systems* [online]. 2002, **8**, 297 [cit. 2022-10-28]. ISSN 15293181. Dostupné z: doi:10.17705/1CAIS.00820
- [53] KIM, Youngjun, Hannah KIM a Yong Oock KIM. Virtual Reality and Augmented Reality in Plastic Surgery: A Review. *Archives of Plastic Surgery* [online]. 2022, **44**(03), 179-187 [cit. 2023-01-16]. ISSN 2234-6163. Dostupné z: doi:10.5999/aps.2017.44.3.179
- [54] LAVER, Kate E, Belinda LANGE, Stacey GEORGE, Judith E DEUTSCH, Gustavo SAPOSNIK a Maria CROTTY. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database of Systematic Reviews* [online]. 2018, **2018**(1), 1-12 [cit. 2023-01-16]. ISSN 14651858. Dostupné z: doi:10.1002/14651858.CD008349.pub4
- [55] HUANG, Ta-Ko, Chi-Hsun YANG, Yu-Hsin HSIEH, Jen-Chyan WANG a Chun-Cheng HUNG. Augmented reality (AR) and virtual reality (VR) applied in dentistry. *The Kaohsiung Journal of Medical Sciences* [online]. 2018, **34**(4), 243-248 [cit. 2023-01-16]. ISSN 1607-551X. Dostupné z: doi:10.1016/j.kjms.2018.01.009
- [56] BANOS, R.M., C. BOTELLA, C. PERPINA, M. ALCANIZ, J.A. LOZANO, J. OSMA a M. GALLARDO. Virtual reality treatment of flying phobia. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine* [online]. 2002, **6**(3), 206 [cit. 2023-04-29]. ISSN 1089-7771. Dostupné z: doi:10.1109/TITB.2002.802380
- [57] RAUSCHNABEL, Philipp A., Reto FELIX a Chris HINSCH. Augmented reality marketing: How mobile AR-apps can improve brands through inspiration. *Journal of Retailing and Consumer Services* [online]. 2019, **49**, 43-46 [cit. 2023-01-16]. ISSN 09696989. Dostupné z: doi:10.1016/j.jretconser.2019.03.004

- [58] BONA, Carmen, Martin KON, Lara KOSLOW, David RATAJCZAK a Michael ROBINSON. Augmented Reality: Is the Camera the Next Big Thing in Advertising?. In: *Boston Consulting Group* [online]. 2023 [cit. 2023-01-16]. Dostupné z: https://web-assets.bcg.com/img-src/BCG-Augmented-Reality-Apr-2018-r_tcm9-188072.pdf
- [59] GARZÓN, Juan, KINSHUK, Silvia BALDIRIS, Jaime GUTIÉRREZ a Juan PAVÓN. How do pedagogical approaches affect the impact of augmented reality on education? A meta-analysis and research synthesis. *Educational Research Review* [online]. 2020, **31**, 1-2 [cit. 2023-01-16]. ISSN 1747938X. Dostupné z: [doi:10.1016/j.edurev.2020.100334](https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100334)
- [60] The Challenges of Augmented Reality in Logistics: A Systematic Literature Review. *World Scientific News: An International Scientific Journal* [online]. 2019, **134**(2), 281-283 [cit. 2023-01-16]. ISSN 2392-2192.
- [61] STOLTZ, Marie-Hélène, Vaggelis GIANNIKAS, Duncan MCFARLANE, James STRACHAN, Jumyung UM a Rengarajan SRINIVASAN. Augmented Reality in Warehouse Operations: Opportunities and Barriers. *IFAC-PapersOnLine* [online]. 2017, **50**(1), 12979-12982 [cit. 2023-01-16]. ISSN 24058963. Dostupné z: [doi:10.1016/j.ifacol.2017.08.1807](https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.1807)
- [62] LIM, Kendrik Yan Hong, Pai ZHENG a Chun-Hsien CHEN. A state-of-the-art survey of Digital Twin: techniques, engineering product lifecycle management and business innovation perspectives. *Journal of Intelligent Manufacturing* [online]. 2020, **31**(6), 1313-1314 [cit. 2023-04-29]. ISSN 0956-5515. Dostupné z: [doi:10.1007/s10845-019-01512-w](https://doi.org/10.1007/s10845-019-01512-w)
- [63] WANASINGHE, Thumeera R., Leah WROBLEWSKI, Bui K. PETERSEN, Raymond G. GOSINE, Lesley Anne JAMES, Oscar DE SILVA, George K. I. MANN a Peter J. WARRIAN. Digital Twin for the Oil and Gas Industry: Overview, Research Trends, Opportunities, and Challenges. *IEEE Access* [online]. 2020, **8**, 104175-104197 [cit. 2023-04-29]. ISSN 2169-3536. Dostupné z: [doi:10.1109/ACCESS.2020.2998723](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2998723)
- [64] NIKOLAEV, S., M. GUSEV, D. PADALITSA, E. MOZHENKOV, S. MISHIN a I. UZHINSKY. Implementation of “Digital Twin” Concept for Modern Project-Based Engineering Education. *Product Lifecycle Management to Support Industry 4.0*

- [online]. Cham: Springer International Publishing, 2018, 193-203 [cit. 2023-04-29]. IFIP Advances in Information and Communication Technology. ISBN 978-3-030-01613-5. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-030-01614-2_18
- [65] YIN Z, H. a L. WANG. Application and Development Prospect of Digital Twin Technology in Aerospace. *IFAC-PapersOnLine* [online]. 2020, **53**(5), 732-737 [cit. 2023-04-29]. ISSN 24058963. Dostupné z: doi:10.1016/j.ifacol.2021.04.165
- [66] VisCube™ C4-T3X: CAVE Immersive 3D Display. In: *Visbox* [online]. Saint Joseph, Illinois, 2020 [cit. 2022-12-25]. Dostupné z: <http://www.visbox.com/products/cave/viscube-c4-t3x/>
- [67] Augmented Reality In Business: How AR May Change The Way We Work. In: *Forbes* [online]. Jersey City: Forbes Media, 2022 [cit. 2022-12-27]. Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/theyec/2019/02/06/augmented-reality-in-business-how-ar-may-change-the-way-we-work/?sh=6969d89f51e5>
- [68] Smart Glasses: A Device That Changes Reality. In: *Evergreen* [online]. Ukraine [cit. 2023-01-13]. Dostupné z: <https://evergreen.team/articles/ar-smart-glasses.html>
- [69] SIMM, Rebecca. What is a Digital Twin?. In: *MACS: Management Consultancy and Solutions* [online]. London, 2020 [cit. 2023-01-15]. Dostupné z: <https://macs.eu/what-is-a-digital-twin/>
- [70] VUJKOVIC, Miodrag. Metaverse: The Future of Internet. In: *Medium* [online]. 2012 [cit. 2023-01-17]. Dostupné z: <https://medium.com/create-intelligently/metaverse-future-of-the-internet-907f5b2a5d49>
- [71] KOHN, Eric. How HTC Vive Accidentally Created Mo-Cap Tech 10 Times Cheaper Than the Industry Standard. In: *IndieWire* [online]. Los Angeles, 1998 [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: <https://www.indiewire.com/2021/08/htc-vive-trackers-motion-capture-filmmaking-1234657119/>
- [72] LEWIS, Darcy, Ali A. BAAJ, ed. How Can Virtual Reality in Medicine Enhance the Patient Experience?. In: *Spineuniverse: for professionals* [online]. 2022 [cit. 2022-12-08]. Dostupné z: <https://pro.spineuniverse.com/news/virtual-reality-medicine-patient-experience>

Přílohy

Příloha A Řízený rozhovor s Respondentem 1	90
Příloha B Řízený rozhovor s dodavateli AR technologií.....	95

Příloha A Řízený rozhovor s Respondentem 1

1. Od jakého roku využíváte principy VR a co vás k její implementaci vedlo?

„VR jsme zavedli v roce 2020 jako součást otevření nového Tréninkového centra. Důvodem bylo ukázat, že jdeme s dobou a zároveň zaujmout jak stávající, tak potenciální pracovníky.“

2. K jakým účelům je VR ve vašem podniku využívána? Jedná se pouze o školení pracovníků v Tréninkovém centru nebo VR využíváte i v jiných procesech?

„Zpočátku to mělo PR důvody. Samozřejmě nám sem jezdí spousta škol, konkurenti, politici atd., kdy my se tímto řešením v podstatě předvádíme, že jdeme s dobou. Pro trénink zaměstnanců to mělo své opodstatnění samozřejmě také, avšak jak už teď víme, hromadné školení není tak jednoduché realizovat.“

3. Byly nějaké překážky, které jste museli z počátku implementace překonávat?

„Z počátku byly hlavně technické překážky. Prvotní verze scénářů byly navrženy pro lidi, kteří se ve virtuálním světě již perfektně orientovali (práce s osobními detektory a vysílačkou), což vedlo k tomu, že celé to bylo strašně složité na obsluhu. Jednalo se tedy o nevhodnou verzi pro lidi, kteří s tím nemají v podstatě žádnou zkušenost. V reakci na to jsme museli dodavatele požádat, aby prostředí trošičku zjednodušili a vytvořili verzi méně citlivou na přesnost atd. Zároveň se jedná se o počestěný software jedné chemické firmy, která si ho vyvinula pro vlastní potřeby. Nás převážně zajímala simulace procesů, ve kterých je nějaká společná synergie, jako bezpečnostní záležitosti a tak. V těchto případech to nepatrně upravili pro naše potřeby, přeložili do češtiny a dodali v podstatě na klíč.“

4. Využíváte VR pouze pro školení nových pracovníků nebo také pracovníků stávajících?

• O jaký typ školení se jedná?

„Jedná se o školení v rámci BOZP a požární výcvik.“

• Provádíte školení sami v rámci podniku nebo využíváte outsourcingové služby?

„V rámci nákupu aktuálního řešení se jednalo o jednorázový nákup. My jsme trochu pomáhali a spolupracovali v případě překladu, jelikož některé technické termíny nebyly správně přeloženy. Spolupráce dál nepokračuje. Školení tedy provádíme sami.“

- Jaké konkrétní procesy a činnosti jsou obsahem školení pomocí VR? Můžete prosím uvést nějaké příklady prostředí, procesů a úkolů, jimž je pracovník díky VR vystaven?
„V rámci BOZP se jedná o únik ze zamořeného prostoru. Při požárním výcviku provádíme instruktáž ohledně zacházení s hasícími přístroji, spouštěním požárního poplachu, zacházení s proudnicí.“
- Je pracovník povinen v rámci proškolení vyplnit papírový výstupní test nebo je výstupní test realizován skrze praktické zkušenosti ve VR?
„Celkové hodnocení neprovádíme. V rámci školení tady stále máme fyzický požární polygon, kdy si lidé zacházení s reálnými nástroji vyzkouší na skutečných plamenech. Nelze tedy školení VR považovat za náhradu klasického školení, které běžně provádíme.“
- Řekl/a byste, že školení spojené s VR jsou pro školené pracovníky efektivnější než školení ostatního typu?
Pokud ano, jaký je podle vás důvod této efektivity?
Pokud ne, z jakého důvodu?
„Stále se jedná o doplňkovou část reálného školení, které reálné školení ve fyzickém světě není zatím schopno nahradit. Zatím se jedná spíše o wow efekt, že tuto možnost umíme a zaměstnanci si ji mohou vyzkoušet. V případě VR se určitě jedná o efektivnější variantu, ale v našem případě až po nějakém lepším seznámením s touto technologií. V rámci využívání VR jsme časově omezeni, takže se většinou jedná jen o nějaké jednoduché vyzkoušení a pokud by to tedy mělo mít nějaký efektivní přínos, měli bychom už vědět, jak se to ovládá a jak se v tom pohybovat. Ti, které to baví, nebo ti, co znají VR z domova a měli si ji tak možnost vyzkoušet, tak u těch je školení bez problému. Ve chvíli ale, kdy musím člověku 15 minut vysvětlovat, jak to ovládat a jak se pohybovat, tak už je to složitější. Lidé se pak nesoustředí na samotnou výuku, ale na ovládání toho zařízení.“

5. Využíváte principy VR pro modelování havarijních scénářů?

„Ano. Jedná se o únik ze zamořeného prostoru a zacházení s hasícími prostředky.“

6. Jaký hlavní přínos školení pracovníků pomocí VR vnímáte? (zlepšení znalostí, zvýšení pracovní výkonnosti, snížení počtu nehod, snížení nákladů na školení, ...)

„Bohužel se obávám, že v našem případě se stále jedná o fázi, kde se lidé soustředí na to ovládnutí toho VR a samotný školící proces už je zatím upozaděný. Opravdu by lidé v tom VR museli být delší dobu. Určitý efekt to ale má, jelikož jednotlivé ty situace vidí a některé věci si mohou vybavit na základě zraku rychleji, než když jim to někdo čtyřikrát přečte. Tady nějaký drobný efekt bude, ale to se dá těžko ověřit v praxi. Žádnou zpětnou vazbu nemáme.“

7. Vnímáte nějaké nevýhody školení pomocí VR?

Pokud ano, jaké? Pracujete na odstranění těchto nevýhod?

„Současné řešení, které máme je vysoce náročné na obsluhu při zaškolení uživatele. Musíte tomuto budoucímu uživateli vysvětlit, jak se musí hýbat, aby nedošlo k poškození kabelu, jak se zachází s ovladači atd. Další nevýhodou je, že nám scénáře nedávají žádné zpětnou vazbu v podobě vyhodnocení výsledků. Zároveň neděláme ani žádné zpětné vyhodnocení, jelikož i vysoce proškoleným lidem se nedařilo určité scénáře úspěšně dokončovat. Dalším problémem je velká časová náročnost takového školení, kdy každý uživatel stráví ve VR prostoru cca 30 minut, což v případě pětičlenné skupiny zabere celé dopoledne. Většinou však školíme skupiny s cca 15 zaměstnanci, což spěje k tomu, že pouze školení ve VR zabere dva dny. Další nevýhodou a překážkou je také životnost zařízení. Jedná se o VR verzi, není to bohužel dělané na to, aby se na tom školilo deset lidí denně. V současnosti však plánujeme obnovu, jelikož nám odešla jedna z řídicích věží“

8. Jaké konkrétní hardwarové technologie v souvislosti s VR v podniku využíváte (brýle, senzory pro 3D modeling, data Gloves, headsety, exoskelet, ...)? Jaké smysly uživatele jsou pomocí VR stimulovány?

„To, co využíváme v současné chvíli je klasické herní řešení. Jedná se o výkonný počítač, kabelem připojené brýle, v rukách máte dva ovladače. Je to jednoduché komerční řešení, které je však náročné na obsluhu. V jednu chvíli se může školit pouze jeden člověk. Zároveň se zrakem stimulujeme také sluch. Je to celé se zvukem, běžně to mluví v češtině. Využíváme standardní sadu od HTC Vive Pro.“

9. Je využití VR ve vašem podniku běžnou praxí nebo se jedná spíše o ojedinělé záležitosti?

„Jedná se o ojedinělé záležitosti. Je to spíš na ukázky. Není to o tom, že by se to používalo denně. Na to bohužel není čas.“

10. Vnímáte využití VR v podniku jako konkurenční výhodu?

Pokud ano, jak konkrétně se tato výhoda dle vašeho názoru projevuje?

„Touto technologií se snažíme zaujmout školy, které k nám přicházejí na exkurzi. Tady určitý efekt bude. Zároveň se snažíme zaujmout potenciální pracovníky na nábořech.“

11. Jaké jsou reakce pracovníků na využití VR v podniku?

Pokud jsou reakce odmítavé, jaké jsou nejčastější důvody tohoto odmítnutí? Jak v takovém případě postupujete?

„Řekněme, že zhruba 50 % lidí se do toho pouští s nadšením, jelikož je to pro ně zajímavé. 20 % lidí z druhé poloviny z toho má fyzické potíže, kdy s brýlemi na hlavě neudrží balanc, nebo jim z toho není úplně dobře od žaludku. Zbytek, tedy nějaká třetina z celkového počtu, chovají ohledně této technologie předsudky. Tito uživatelé si to vyzkouší a řeknou buď, že je to fajn a vyzkouší si to opatrně zase příště, anebo řeknou, že je to fajn, zkusil si to jednou, nezaujalo ho to a radši si problematiku nastuduje na papíře a pak si na zařízení sáhne fyzicky než na něj koukat v brýlích. Samozřejmě mluvíme bez ohledu na věk.“

12. Přiměla vás krize COVID-19 k vyššímu využití této technologie?

„My jsme o implementaci této technologie jednali ve stejné době, kdy se postupně začínala uzavírat jednotlivá čínská města. S dodavatelskou firmou jsme na dálku dojednávávali veškeré podrobnosti. Jednalo se tedy o zavedení v nejlepších covidových letech, což zapříčinilo, že jsme z počátku tuto technologii neměli možnost využívat tak, jak jsme si představovali. Covid nám implementaci VR tedy ne akceleroval, ale naopak utlumil. Převážně z hygienických hledisek to nebylo vhodné při covidu používat.“

13. Provádíte nějaké pravidelné hodnocení přínosů využití VR v podniku?

Pokud ano, jaké?

Pokud ne, z jakého důvodu?

„Nic takového bohužel neděláme.“

14. Hodláte v následujících 5 letech implementovat VR i do dalších podnikových procesů (prodej, V&V, optimalizace výrobních procesů, ...)?

Pokud ano, do jakých?

Pokud ne, z jakého důvodu?

„Ano, o tom se uvažovalo, že bychom ve VR hodnotili například nové projekty. Pokud se dělá výstavba nových jednotek, tak se to v dnešní době kolikrát navrhuje v 3D cadu, který dokáže exportovat výstupní 3D modely do VR prostředí. V brýlích pak můžete procházet mezi výrobními jednotkami. Nakonec se však ukázalo, že je to technicky dost složité.“

15. Řešíte aktuálně nějaký problém spojený s využíváním či rozšířením VR ve vašem podniku?

„Problém je určitě cena. Aktuální řešení, které jsme tu popisovali nás přišlo asi na 1,5 miliónu Kč. A to máte jenom sadu pro jednoho člověka. Pokud byste to chtěli rozšířit na celou skupinu, tak se tady opravdu bavíme o velké finanční náročnosti. Dále řešíme problém spojený s inovací aktuální verze.“

16. Jaký je dle vašeho názoru důvod nízké implementace VR u chemických a potravinářských podniků v České republice?

„Určitě podniky investují do jiných technologií, když mají ty peníze. V případě VR se jedná o ten počáteční wow efekt, ale to reálné využití je dost problematické. Máte tam spoustu kabelů, není to bezdrátové, musíte ty uživatele s tím učit spíše, než že to má ten školící efekt. Není to tedy tak úplně použitelné. Doba, kdy VR naskočila na trh, tedy v roce 2015 už dle mého pominula, dnes ta módní vlna skončila. Třeba tento způsob, co nyní máme my, si myslím, že velkou budoucnost nemá.“

Příloha B Řízený rozhovor s dodavateli AR technologií

1. Kdy jste se začali zabývat AR technologiemi a jejich implementací a co bylo impulzem?

D5: „My jako společnost jsme velmi mladí. Na trh jsme vstoupili v roce 2019 s tím, že jsme vzešli z herní společnosti, a už tam jsme si začali hrát s virtuální realitou. Rozšířená realita přišla postupně k virtuální realitě, jelikož se tato příležitost sama nabízela. My jako firma čítáme několik jedinců a myslím si, že firmy, které se tomuto tématu věnují ani nejsou větší, než jsme my. I přes to však jsme za dobu existence nabraly nějaké reference týkající se méně využívaného AR, ale moc toho není. Na českém trhu zaznamenáváme více zájmu o technologie VR než AR. Reference AR máme spíše do kulturní oblasti, není to určité do průmyslu. Do průmyslu jsme implementovat zkoušeli, ale za nás je tato technologie v průmyslu ještě v plenkách. V průmyslu musí být tato technologie stoprocentní, přesná a zobrazování AR je stále ještě na hraně funkčnosti a spolehlivosti. Dle našeho názoru má ale do budoucna vysoký potenciál v průmyslu, ale nyní se opravdu bavíme pouze o začátcích.“
„Měli jsme možnost zakázky implementace ve společnosti s velkými sklady, kde AR měla pomoci při orientaci na třídících stolech. Zakázka se nakonec nerealizovala, a to mimo jiné také z technických důvodů, kdy se objevil problém s internetovým připojením ve skladech a jinými technickými věcmi, co s tím souvisí. Myslím tedy, že Česká republika se na tento technický pokrok teprve připravuje, ve světě je situace úplně jiná. Z toho důvodu poptávku do průmyslu nemáme.“

D6: „My, jako společnost jsme distributorem softwarových technologií americké společnosti na území České republiky. Tématem rozšířené reality jsme se začali zabývat již někdy v roce 2016. Od té doby u našich zákazníků děláme tzv. marketing a prezentujeme jim, co všechno rozšířená realita může dělat a co všechno k tomu je potřeba. Problematikou se tedy zabýváme od roku 2016.“

2. Kdy byla realizována první implementace? Narazili jste z počátku na nějaké překážky?

D5: „Realizovali jsme implementace od roku 2019, tedy od roku našeho vzniku. Nemohu říct, že hned v tomto roce by bylo klientů mnoho. Byl to boj o klienty, kdy boj je to i nyní.“

D6: „Nemůžu říct přesné datum nebo rok, kdy jsme implementovali AR, jelikož se vždy jednalo o komplexní implementaci včetně dalších softwarových implementací. Tyto realizace byly většinou prezentační demo ukázky nebo nějaké use case, které jsme vytvářeli pro naše strojírenské partnery. První komerční produkt jsme si udělali tady sami, a to pro prezentaci produktů vyvinutých dceřinou společností pro naše zákazníky.“

3. Jak vypadala vaše první implementace, u jakého podniku a jaký hardware byl použit?

D5: „Uřítě to byla kultura a jedná se převážně o tablety a telefony koncových klientů, jimiž se chce předat online kulturní zážitek.“

D6: poneháno bez komentáře, viz otázka č.2

4. Kolik průmyslových implementací AR technologie uděláte nyní zhruba ročně?

D5: „Možná dvě, víc ne. Oproti implementaci VR je to minimální procento. Český trh je dle mého názoru nakloněný více implementaci VR než AR.“

D6: „To se nedá říct. Nejedná se jednotlivé aplikace, jedná se vždy o komplexní řešení. Situace ale není taková, že by se dalo říct, že bychom dělali několik desítek ročně. Trh na to není připravený a můžu říct, že ani naše konkurenční společnosti na tom nebudou lépe. Jedná se o malé jednotky implementací. Většinou je to i tak, že se dostanete do jedné společnosti a tam pak děláte několik těch implementačních případů. Uřítě to není tak, že by se rozšířenou realitou zajímal celý český průmysl, ta připravenost tam opravdu není.“

5. Jakou velikost mají podniky, v kterých technologii implementujete (malé, střední, velké)? Pokud implementujete technologie v podnicích všech typů, jaký je jejich roční procentuální poměr?

D5: „U velkých korporací máte problém v tom, že se musíte dostat přes několik stupňů schválení a někde to vždy ztroskotá a půl roku jednání můžete v podstatě zahodit. Malé organizace, nejlépe veřejný sektor, který to má přes dotace a investice jim tak nezasahuje do rozpočtu a nepočítají s nějakou návratností. Jim se technologie líbí, chtějí ji a věří ji. V průmyslu je opět problém zkosnatělost, málo lidí chce nové technologie, mají zjeté nějaké své standardy, které nechtějí měnit. Pokud už se najde někdo, kdo ji chce v průmyslu implementovat, je to většinou nějaký nadšenec, jelikož finanční návratnost si nedovede dneska nikdo jednoduše spočítat. Většinou tedy implementujeme v malých, neziskových organizacích veřejného sektoru.“

D6: „Většinou se jedná o společnosti střední velikosti, které mají okolo tisíc zaměstnanců. Jedná se o zákazníky s vlastním výrobkem, většinou ze strojírenské oblasti.“

6. Spolupracujete s nějakými zákazníky dlouhodobě nebo se jedná spíše o jednorázovou spolupráci?

D5: „Kdybychom to odevzdali a dali od toho ruce pryč, bylo by to krásné. Avšak ať už se to týká jakékoliv zakázky, mají klienti smlouvu pojištěnou tak, že se jim o to musíme třeba dva roky starat, poskytovat jim servis, školení. Každého zákazníka, kterého tu máme, tak s ním chceme spolupracovat i nadále. Klient to většinou i sám už chce rozvíjet, když už to jednou má. Nechce, aby se jednou něco implementovalo, zaplatilo, používal to 3 měsíce a po změně procesů technologie skončí na poličce zaprášené.“

D6: „Pro tvorbu rozšířené reality je třeba si předem připravit nějaká 3D data, což nám paradoxně napomáhá také k prodeji více produktů na tvorbu a správu těchto dat. To znamená, že zákazník je schopen si tato 3D data sám připravit, archivovat a měl založený někde potenciál na budoucí implementaci rozšířené reality. Spolupracujeme s nimi dlouhodobě, jelikož celý životní cyklus je dlouhodobý. O jednorázovou aktivitu se jedná opravdu minimálně. Dlouhodobá spolupráce je podnícena také tím, že se jedná o virtuální výrobek, na který si nelze sáhnout. S některými zákazníky spolupracujeme více jak 20 let. Samozřejmě je nutné získat také důvěru u zákazníků, to je základ.“

7. Zákazníky, z jakého sektoru nejčastěji obsluhujete?

D5: „Nejčastěji se jedná o veřejný sektor, například muzea nebo města, kde děláme turistické průvodce formou rozšířené reality. Lidé chodí po městě se svými chytrými telefony a dochází k obohacení turismu, zároveň je to reklama pro město. V průmyslu se většinou počítá, zda to klientům ušetří náklady a jaká je doba návratnosti, na čemž následně ztroskotá celý projekt.“

D6: „Strojírenství.“

8. V jakých podnikových odděleních nejčastěji AR u svých zákazníků implementujete (sklady, údržba, ...) a k jaké funkcionalitě je využívají?

D5: viz odpověď na otázku č.7

D6: „Před čtyřmi lety si každý myslel, že největší oblastí zájmu bude marketing. Po těch čtyřech až pěti letech to není marketing, ale oblast servisu a oblast výroby. Použití primárně v této oblasti je z toho důvodu, jelikož gramotnost lidí klesá. Ve strojírenských společnostech je třeba standardizovat jednotlivé kroky, které zaměstnanci provádějí. Osoby, často jiných národností, je třeba zaškolenovat a v rámci tohoto jsou technologie AR využívány nejčastěji. Ve strojírenství řešíme také primárně výrobu – montáž, servis, popř. distribuce k

zákazníkům. Skladové prostory se v souvislosti s touto technologií řeší také, ale my se tímto nezbyváme.“

9. Jaké hardwarové AR technologie u zákazníků nejčastěji implementujete? (smart glasses, tablety, telefony, ...)

D5: „Určitě se jedná o použití tabletů a telefonů, a to právě v té kultuře. My tady máme chytré brýle značky Vuzix, které jsou určeny pro průmyslu a nabízejí všechny odolnostní prvky proti prašnosti, vlhkosti atd. Brýle ale v podstatě neaplikujeme, máme tu jen jedny, které jsme objednali na zkoušku a leží nám tu nevyužité na polici.“

D6: „Naše technologie je upravena pro telefony Apple, iPady, brýle.“

10. Vytváříte řešení zákazníkovi na míru nebo disponujete určitými typy univerzálního řešení, které se finálně doladuje pouze minimálně?

D5: „Řešení jsou vytvářena zákazníkovi na míru dle jeho přání.“

D6: „Bud' si zákazník u nás koupí software a tu aplikaci, ten konkrétní use case, si vytvoří sám, nebo to s ním vytvoříme my společně na základě nějakého zadání. Spousta společností programuje softwarovou platformu, naše konkurence pracuje s tím, že si vymyslí něco svého ve specificky zadané oblasti. My máme základní platformu, s kterou se dá udělat v podstatě cokoliv. Vytváříme ale zákazníkovi vždy řešení na míru, ono to vlastně ani jinak nejde.“

11. S jakými problémy se při implementaci u zákazníka nejčastěji setkáváte?

D5: „Nejčastěji se setkáváme s problémem finanční návratnosti, které počítají tyto společnosti. Většinou si říkají, že si zavedou moderní technologie na školení, ale nedokážou si spočítat, jestli se jim to vrátí, jestli jim to lidé budou používat, jestli ušetří peníze na optimalizaci práce. Za nás je to v průmyslu těžké, jelikož si to lidé většinou neumí spočítat a my sami jim to spočítat taky neumíme, jelikož každá společnost funguje trochu jinak. Proto pro nás je snadnější cesta, jako pro společnost nabízet veřejnému sektoru. Další problém, který v průmyslu evidujeme je, že pokud jako zaměstnavatel realizujete školení v AR popřípadě VR pro své zaměstnance, neexistuje zde žádná forma legislativy, která by povolovala tento typ školení jako legitimní. Vždycky musí následně zaměstnanec projít klasickým školením v podobě monotónního online testu, aby měli legislativně splněno, přesto že si nikdo z nich z tohoto online školení většinou nic nepamatuje. Bavíme se klasicky například o školení BOZP. Opět tedy mluvíme o zkosnatělosti systému.“

D6: „Problematika je taková, že zákazník vlastně nikdy neví, co vůbec chce, co chce sledovat. Většinou si myslí, že to bude všechno hned. Bohužel tvorba takových aplikací má nějaká pravidla, aby se vůbec vytvořilo, co je cílem a pro koho je určena. Tím, že je to nový obor, nový segment, tak největší problém je opravdu gramotnost, a to vzdělání v této problematice na druhé straně.“

12. Provádíte v rámci implementace u zákazníka také hromadné školení zaměstnanců pro využívání této technologie?

Pokud ano, setkáváte se s negativní odezvou u zaměstnanců zákazníka na tyto technologie?

Pokud ne, jaký je důvod, že školení zaměstnanců neprovádíte?

D5: „Ano. My sice nevidíme už do reálného procesu té firmy, ale pokud jim to nařídí management, tak nemají na výběr a oni to dělat prostě budou. Další věc však je, že převážně starší ročníky to budou dělat bohužel s nechutí. I s tím jsme se bohužel setkali, že jsme slyšeli názor od zaměstnanců, že tohle si na hlavu nedají, co to má být. Většinou jde o staré mistry, které mají svůj proces už nastavený a oni nebudou dělat nic jiného.“

D6: „Ano, školení provádíme. Proškolení je nutné, aby zákazník byl schopen si technologii obsluhovat a udržovat sám. Je to jeden z předpokladů toho, že ta implementace vůbec může být úspěšná. Školíme buď koncové uživatele, anebo se odškolí skupina administrátorů té aplikace a oni pak si to školení koncových uživatelů udělají sami. V souvislosti s generační obměnou, tedy se vstupem dětí narozených v 90. letech vstupují do průmyslu. Tyto děti už vyrůstali s mobilem a laptopem, jednalo se o nějaký standard. Starší generace už nechtějí využívat moderní technologie, dokonce nechtějí ani rozhodovat o tom, jak se ta aplikace bude vytvářet a nechávají to mladším. S takovýmto odporem přicházíme neustále do styku. Někdo se to nechce učit, někdo v tom nevidí význam.“

13. Jaký je nejčastější důvod implementace, kteří zákazníci uvádějí?

D5: „Je to trend, který v době koronaviru vznikl, respektive ho pandemie spíše podpořila. Lidé to vnímají, že jim to v činnosti pomůže. To, co to podpoří, je, že jsou tu způsoby, jak na tyto technologie získat peníze, a to převážně ve veřejném sektoru. Chtějí to a věří tomu, že jim to pomůže osvěžit značku, objekt, město, lokalitu. Posouváme se do digitalizace. V průmyslu věří, že jejich proces bude efektivnější. To je nejdůležitější – musíte technologii věřit. Ještě jsem se nesešel s někým, kdo by si to uměl spočítat a řekl, že je bude implementace stát několik set tisíc a na efektivnosti práce zaměstnanců ušetří tolik a tolik.“

D6: „Vzdělání, podpora servisu. Dále mít nějaký ucelený standard vzdělávání s touto podporou v podobě rozšířené reality.“

14. Máte k dispozici zpětnou vazbu po delší době využívání?

D5: „Zpětnou vazbu chceme a zatím se nám nestalo, že bychom dostali špatnou zpětnou vazbu. Ve výsledku i když ze začátku tomu jen věří a neví, jestli jim to k něčemu bude, tak když to implementují, tak jsou s tím velice spokojeni. Přesvědčovat však o tom lidi na začátku implementace je těžké.“

D6: „Zpětnou vazbu máme k implementaci každého produktu. Většinou pokud se dostanete do podniku s nějakou jednoduchou aplikací, zákazník se v tomto ohledu vzdělá a pak se na to nabalují další a další aplikace.“

15. Posílil se zájem o implementaci v době Covidové a po-Covidové?

D5: „Ano, v pandemii jsme hodně pocítili, že spousta společností jde do online prostoru. Za nás ale musím opět říct, že to mělo přesah především do kulturního prostoru, kdy byla snaha předat kulturní zážitek skrze online platformy. Dnes je to už běžnou praxí využívat streetview nebo interaktivní aplikace formou rozšířené reality. Covid v tomto případě pomohl především vyvolat zájem o rozšířenou realitu.“

D6: „Covid zapříčinil, že se akcelerovala spousta záležitostí. Typicky to byly zejména aplikace pro podporu vzdáleného servisu. Pokud firma implementovala technologii ze zahraničí a technici z cizí země nemohli přijet, tak se hledalo řešení. Řešení se našlo ve vzdálené komunikaci s podporou AR. Víím o několika případech, kdy Covid zapříčinil zrychlení nebo podnícení implementace.“

16. Jaký je dle vašeho názoru důvod, proč spousta podniků tyto technologie nezavádí?

D5: „Podle mého čistě osobního názoru jsou to zaprvé peníze, kdy my jsme přišli na to, že nezáleží na velikosti korporace a jejího ročního obratu, jelikož i přes obrat ve výši miliard se pak řeší pár tisíc na nákup tabletů. Za druhé je to zkosnatělost korporací, kdy schválení implementace musí projít přes dvacet manažerů a devatenáctému se to nelíbí, takže se vracíme opět na začátek a zase se to řeší jinak, přepracovává, popřípadě se spolupráce rovnou ruší.“

D6: „V porovnání se zahraničím jsou ve světě s rozšířenou realitou určitě dál a je to tím, že nástroje pro tvorbu softwarových technologiích vznikají mimo Českou republiku, většinou se jedná o Spojené státy. Jedná se o náskok nějakých pět let před námi. Jde také o to, že ve

velkých strojírenských společnostech, ať už ve světě nebo přímo v Evropě, pracuje ve výrobě velká spousta lidí, kteří mají problém s gramotností. Nástroje AR se poté používají k zaškolování těchto lidí a ke standardizaci procesů. V české společnosti nikdo nepotřeboval žádný návod. Pro názornost řekněme, že pokud si koupíte nábytek ve společnosti Ikea, tak na návod často ani nekoukáte nebo se tam podíváte až v okamžiku, kdy máte nějaký problém. Toto je však charakteristické pro nás Čechy. S nástupem další generace už to sice začíná být trochu problém, ale v českém prostředí do této technologie nikdo moc investovat nechce. Všichni o tom mluví, ale nechtějí měnit zažité standardy, pokud je k tomu nic nedonutí. Proto nejsme ani schopni tolik aplikací na rozšířenou realitu prodávat, jelikož není připravenost ani ochota k implementaci. Věřím ale tomu, že se to postupně změní. Je vidět, že zájem o tyto aplikace už teď roste.“

17. Roste konkurence v tomto odvětví na českém trhu oproti situaci před 5 lety?

***D5:** „Na začátku při založení firmy jsem to tak vnímal, že je v odvětví velká konkurence, ale poslední rok musím říct, že už ne. Nevznikají nové firmy, o kterých by bylo slyšet. Na druhou stranu neděláme důkladný průzkum trhu, abychom zjišťovali nově vznikající konkurenci. Když už vzniknou, jsou to menší týmy o pár zaměstnancích s malými zakázkami.“*

***D6:** „V roce 2016, kdy jsme vstoupili na trh a začali prezentovat tyto technologie, tak to bylo pro trh moc brzo. Konkurence tu v tomto roce skoro vůbec nebyla, protože na tu dobu měla naše mateřská americká společnost měla na tu dobu obrovský technologický náskok, cca 4-5 let. V dnešní době je té konkurence daleko víc – substituční produkty, nová konkurence. Dnes jsme díky průzkumu trhu schopni daleko lépe reagovat na potřeby toho trhu. Konkurence roste, určitě ano, a to hodně.“*

18. Odkud zařízení, která zákazníkům poskytujete, pochází? Odkud pochází váš dodavatel technologií?

***D5:** „Hardware našim zákazníkům vždycky doporučíme my, to je důležité vědět. Důvodem je, že potřebujeme vědět, na co vyvíjíme software. Hardware si vždycky kupují oni nebo jim ho koupíme my a oni nám ho zpětně proplatí. Pokud mluvíme o chytrých brýlích, tak jak již bylo řečeno, jedná se o brýle značky Vuzix, což je americká společnost. My jsme je objednávali z brandového shopu v Anglii. V tu dobu, kdy jsme je objednávali, tak je v české republice nikdo neprodával, což by se nám samozřejmě hodilo kvůli záruce.“*

***D6:** „Většinou to jsou Spojené státy, konkrétně tedy u nás. Z pohledu softwaru je to naše mateřská společnost a ty komponenty to je prostě Čína (brýle, mobilní telefony).“*

19. Které technologie jsou mezi vašimi zákazníky nejvíce využívány?

D5: „Jsou to tablety a telefony, jak už bylo řečeno.“

D6: „Tablety, telefony. Většinou je to Apple, jelikož náš software je od americké společnosti. Dále Hololens brýle a brýle Realware.“

20. V jakém finančním rozmezí se při implementaci pohybujeme a na čem je jejich výše závislá?

D5: „Jedny chytré brýle, které našim zákazníkům doporučujeme, stojí v rozmezí padesát až šedesát tisíc korun, což není málo. Výroba softwaru se potom pohybuje ve statisícových částkách, určitě nejdeme do miliónů.“

D6: „Implementace pouze z té softwarové části se pohybujeme od 200 tisíc korun výš. Nebavíme se o desítkách tisíc, ale stovkách tisíc. Mluvíme o softwarové technologii, hardwarové technologii plus službách s tím spojených.“

21. Jaká je nyní oblast vašeho zájmu do budoucna? Plánujete rozšíření implementace AR o nějakou oblast?

D5: „Jsou tady nějakí technologičtí lídři na trhu, například společnost Apple, která do rozšířené reality plánuje hodně investovat a vyvíjet. Věřím, že se vývoj bude hýbat dopředu, jelikož na to mají prostředky, peníze. Dále samozřejmě mluvíme o velkých společnostech jako je Facebook, Oculus Quest a další. Bude se to vyvíjet si myslím celkem rychle s nástupem umělé inteligence, kdy vlastně ani nelze říct, kde budeme za pět let vzhledem k vysoké rychlosti vývoje. My se samozřejmě budeme držet trendů.“

D6: „Do budoucna dále plánujeme podporu převážně v oblasti strojírenství a v oblasti servisu. To je hlavně to, na co se zaměříme.“

22. Řešíte aktuálně nějaký problém v souvislosti s vývojem, překážky implementace, zákaznický servis atd.?

D5: „Neřešíme. Není tu nic, co by platilo jako problém obecně pro všechny. Vždy je to individuální tým, že děláme řešení na míru.“

D6: „Ano, řešíme. Problémem jsou hlavně lidi, jelikož máme nedostatek programátorů a podobných osob. Jedná se tedy především o problémy personálního charakteru.“

23. Je chemický a potravinářský průmysl vaším častým zákazníkem?

Pokud ano, jaké procento vašich zákazníků ročně tvoří podniky chemického a potravinářského průmyslu? Mohl byste prozradit nějakou chemickou firmu, která tuto technologii u vás implementovala? K jakým účelům je v chemické oblasti AR nejčastěji implementována?

Pokud ne, jaký je dle vašeho názoru příčina nízké implementace AR v chemickém a potravinářském průmyslu?

D5: „S chemickými a potravinářskými podniky jsme spolupracovali spíše v oblasti VR (masna Váhala, společnost na čerpací paliva). V oblasti AR nemáme zkušenosti s implementací v tomto průmyslu, ale určitě se této spolupráci nebráníme. V podstatě nám jako softwarové společnosti je jedno, pro koho to budeme vyvíjet, když to bude mít nějaký smysl a směr.“

D6: „Chemický a potravinářský průmysl naším častým zákazníkem není. V potravinářském průmyslu máme jednoho konkrétního zákazníka. Jedná se o strojírenskou společnost, která vyrábí střívka. Zde se implementovala jedna technologie pro vzdálenou komunikaci pro montáž linek během Covidu. Chtěl bych tedy podotknout, že v těchto průmyslech, chemický a potravinářský, se rozšířená realita určitě hodí.“