

UNIVERZITA PARDUBICE  
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2021

Adéla Bujárková

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická

Využití prvků Průmyslu 4.0 v chemickém průmyslu

Bakalářská práce

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická  
Akademický rok: 2020/2021

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Adéla Bujárková**  
Osobní číslo: **C18338**  
Studijní program: **B2807 Chemické a procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Ekonomika a management chemických a potravinářských podniků**  
Téma práce: **Využití prvků Průmyslu 4.0 v chemickém průmyslu**  
Zadávající katedra: **Katedra ekonomiky a managementu chemického a potravinářského průmyslu**

### Zásady pro vypracování

1. Vymežit podstatu Průmyslu 4.0, jeho dosavadní vývoj v zahraničí a v České republice a posoudit sociální a environmentální dopady Průmyslu 4.0.
2. Charakterizovat jednotlivé prvky Průmyslu 4.0.
3. Posoudit zavádění složek Průmyslu 4.0 a posoudit jeho dopady ze sociálního a environmentálního hlediska u vybraných podniků chemického průmyslu.
4. Provést zhodnocení a závěr.

Rozsah pracovní zprávy: 35  
Rozsah grafických prací:  
Forma zpracování bakalářské 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. Tomek, G., Vávrová, V. *Průmysl 4.0 aneb Nikdo sám nevyhraje*. Průhonice: Professional Publishing, 2017. ISBN 978-80-906594-4-5.
3. Ustundag, A., Cevikcan, E. *Industry 4.0 Managing the Digital Transformation*. Cham: Springer, 2018. ISBN 978-3319578699.
4. Gilchrist, A. *Industry 4.0 The Industrial Internet of Things*. Bangken: Apress, 2016. ISBN:978-1-4842-2046-7.
5. Chmelař, A., a kol., *Dopady digitalizace na trh práce v ČR a EU*. Praha: Úřad vlády ČR. (2015).
6. Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR. *Iniciativa Průmysl 4.0*. 2016.

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

Datum zadání bakalářské práce: **26. února 2021**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **2. července 2021**

L.S.

---

**prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.**  
děkan

---

**Ing. Jan Vávra, Ph.D.**  
vedoucí katedry

Prohlašuji:

Práci s názvem Využití prvků Průmyslu 4.0 v chemickém průmyslu jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše. Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne: 30.6. 2021

Adéla Bujárková v.r.

## **Poděkování**

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

## **Anotace**

Předmětem této práce je vytvořit základní přehled o konceptu Průmyslu 4.0, jeho historickém vývoji, současném stavu a zahraniční iniciativě. Dále se práce zabývá popisem hlavních prvků čtvrté průmyslové revoluce, způsobem jejich implementace, jejich využitím v chemickém průmyslu a popisem dopadů v sociální a environmentální sféře. V práci byl proveden kvalitativní výzkum, který se zaměřoval na míru podvědomí a stav implementace prvků Průmyslu 4.0 ve výrobních podnicích Svazu chemického průmyslu.

## **Klíčová slova**

Průmysl 4.0, čtvrtá průmyslová revoluce, informační a komunikační technologie, chemický průmysl, kybernetická bezpečnost, trh práce, environmentální dopady

## **Title**

The use of Industry 4.0 elements in the chemical industry

## **Annotation**

The main issue of this thesis is to create the overview about Industry 4.0 concept, its historical development, current status and foreign initiative. This thesis also deals with the description of the main elements of the fourth industrial revolution, their use in chemical industry and the description of the impacts in the social and environmental spheres. The qualitative research was made in this thesis which was focus on the level of subconscious and the state of implemetation of the main elements of the Industry 4.0 in the production companies that are the members of the Association of the Chemical Industry.

## **Key words**

Industry 4.0, the fourth industrial revolution, information a communication technology, chemical industry, cyber security, labor market, environmental impacts

# Obsah

Seznam obrázků .....	10
Seznam grafů .....	11
Seznam tabulek .....	12
Seznam použitých symbolů a zkratek .....	13
Úvod .....	15
1. Vývoj a charakteristika konceptu Průmyslu 4.0 .....	16
1.1. Charakteristika konceptu Průmyslu 4.0.....	16
1.1.1. Koncept inteligentní továrny .....	17
1.1.2. Iniciativa Smart City .....	19
1.2. Historie vzniku pojmu Průmysl 4.0.....	21
1.3. Čtvrtá průmyslová revoluce .....	21
1.3.1. Průmyslové revoluce .....	21
1.3.2. Zahraniční iniciativy v rámci čtvrté průmyslové revoluce.....	21
2. Prvky Průmyslu 4.0.....	25
2.1. Implementace konceptu Průmysl 4.0 a jeho prvků v praxi .....	25
2.2. Charakteristika jednotlivých prvků konceptu Průmysl 4.0 .....	26
2.2.1. Kyberneticko-fyzikální systémy .....	26
2.2.2. Internet věcí, služeb a dalších objektů propojených do informační sítě .....	27
2.2.3. Cloud Computing .....	30
2.2.4. Umělá inteligence.....	32

2.2.5. Business Intelligence a Big data .....	33
2.2.6. Virtuální a rozšířená realita .....	34
2.2.7. Aditivní výroba .....	37
3. Specifické oblasti a dopady Průmyslu 4.0 .....	38
3.1. Chemistry 4.0 .....	38
3.2. Smart Supply Chain.....	41
3.3. Kybernetická bezpečnost.....	42
3.4. Sociální a environmentální dopady konceptu Průmysl 4.0 .....	43
3.4.1. Trh práce .....	43
3.4.2. Životní prostředí.....	44
4. Implementace prvků Průmyslu 4.0 v chemických podnicích – praktická část .....	47
4.1. Metodika výzkumu.....	47
4.2. Vyhodnocení výsledků dotazníků .....	49
4.2.1. Vyhodnocení dotazníku podniku 1 .....	49
4.2.2. Vyhodnocení dotazníku podniku 2 .....	50
4.2.3. Vyhodnocení dotazníku podniku 3 .....	51
4.2.4. Vyhodnocení dotazníku podniku 4 .....	52
4.2.5. Vyhodnocení dotazníku podniku 5 .....	53
4.2.6. Vyhodnocení dotazníku podniku 6 .....	53
4.2.7. Vyhodnocení dotazníku podniku 7 .....	54
4.2.8. Vyhodnocení dotazníku podniku 8 .....	55

4.3. Shrnutí výsledků dotazování .....	56
5. Závěr .....	60
6. Použitá literatura .....	62

## Seznam obrázků

Obrázek 1 – Prvky charakterizující konc. Průmysl 4.0 a zároveň konc. Smart Factory [3]....	16
Obrázek 2 – Inovace v oblasti Smart City [15] .....	19
Obrázek 3 – Znázornění podstaty a složení IoE [zdroj vlastní].....	29
Obrázek 4 – Služby poskytované modelem Cloud Computing [43] .....	31
Obrázek 5 – Struktura BI [zdroj vlastní] .....	33
Obrázek 6 – Rozšířená realita z pohledu uživatele uplatněná v průmyslovém odvětví [56]....	35
Obrázek 7 – Virtuální prohlídka výrob. haly automobil. průmyslu od spol. EPLAN [62].....	36

## **Seznam grafů**

Graf 1 – S-křivky znáz. úplné dosažení zaved. IoE v podn. (autor na základě [32]) .....	30
Graf 2 – TOP 6 světových lídrů v chemickém průmyslu (autor na základě [71]).....	40
Graf 3 – Stav implementace prvků Průmyslu 4.0 v jedn. odděleních podniků .....	57

## **Seznam tabulek**

Tabulka 1 – Četnost odp. z hlediska využití jedn. Tech. pro snížení dopadů na ŽP .....	59
--	----

## Seznam použitých symbolů a zkratek

AI	Artificial Intelligence (umělá inteligence)
AM	Additive Manufacturing (aditivní výroba)
AR	Augmented Reality (rozšířená realita)
BI	Business Intelligence
CC	Cloud Computing
CE	Circular Economy (cirkulární ekonomika)
CPS	Cyber-physical System (kyberneticko-fyzikální systém)
EU	Evropská Unie
EUR	Euro, společná evropská měnová jednotka
ETL	Extract, Transform, Load (extrahovat, transformovat, nahrát)
GPS	Global Positioning System (globální polohový systém)
IaaS	Infrastructure as a Service (infrastruktura jako služba)
ICT	Information and Communication Technology (informační a komunikační technologie)
IT	Information Technology (informační technologie)
IoE	Internet of Everything (internet všeho)
IoP	Internet of People (internet lidí)
IoS	Internet of Service (internet služeb)
IoT	Internet of Things (internet věcí)
mld	miliarda
M2M	Machine-to-Machine (komunikace mezi dvěma stroji)
M2P	Machine-to-Person (komunikace mezi strojem a člověkem)
OLAP	Online Analytical Processing (online analýza stavu)
PaaS	Platform as a Service (platforma jako služba)
P2P	Person-to-Person (komunikace mezi dvěma osobami)
RFID	Radio Frequency Identification (radiofrekvenční identifikace)
SaaS	Software as a Service (software jako služba)
SC	Supply Chain (dodavatelský řetězec)
SCM	Supply Chain Management
SSC	Smart Supply Chain (inteligentní dodavatelský řetězec)
USD	United States Dollar (americký dolar)
VR	Virtual Reality (virtuální realita)

3D	three dimension (trojrozměrný)
3V	Volume (objem), Velocity (rychlost), Variety (různorodost)
ŽP	životní prostředí

## Úvod

Celý svět je nyní ovlivněn průběhem čtvrté průmyslové revoluce, která započala již s nástupem třetího tisíciletí. Avšak z počátku se tato revoluce potýkala s nejasným směrem vývoje, který se podařilo sjednotit až v roce 2011, kdy byl na každoročním technologickém veletrhu v Německu představen koncept Průmysl 4.0. Tento termín se následně ujal jako globální označení změn zmiňované čtvrté průmyslové revoluce, která obsahuje několik charakteristických prvků. Současná charakteristika těchto prvků vyplývá ze světového vývoje informačních a komunikačních technologií (Information and Communication Technology – ICT). Implementace těchto prvků do výrobních podniků z celého světa je pozvolná, jelikož představuje pro podnik vysokou investici. Se zavedením nových prvků není totiž spjata pouze investice pro nákup nového zařízení, ale také investice, která je potřeba pro posílení podnikové kybernetické bezpečnosti. Pro zavedení nových prvků, ale i pro posílení globální kybernetické bezpečnosti, je ovšem potřeba odborných znalostí ze strany podnikových zaměstnanců či dostatek kvalifikovaných odborníků, kterých je však nyní na trhu práce zoufalý nedostatek. Průmysl 4.0 společně s jeho prvky s sebou přináší řadu sociálních a environmentálních dopadů, které výrazně změni podobu naší dosavadní společnosti.

Chemický průmysl je jedno z výrobních odvětví spotřebního průmyslu, kterého se postupně zavádění jednotlivých prvků Průmyslu 4.0 také týká. Jednotlivé prvky jsou zde zaváděny za účelem zvýšení ochrany životního prostředí (ŽP) a bezpečnosti práce či snížení bezpečnostních rizik a množství fyzicky namáhavé práce vykonávané zaměstnanci, ale především za účelem zvýšení produktivity a celkové výkonnosti podniků.

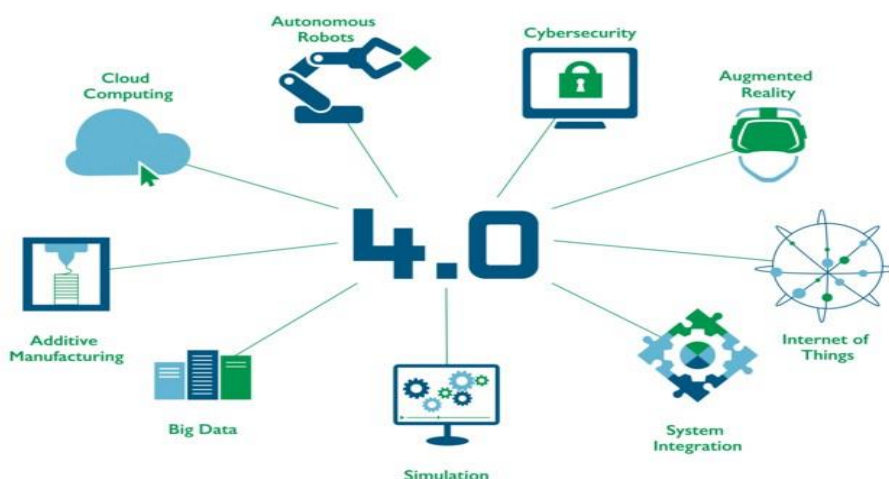
Cílem této bakalářské práce je zmapovat a vytvořit základní přehled o problematice konceptu Průmysl 4.0 a jeho základních prvcích. V následující rešerši bude pojednáno o základní charakteristice konceptu, jeho historickém vývoji, současném stavu i zahraniční iniciativě. Dále budou popsány hlavní prvky konceptu, jejich implementace, využití v chemickém průmyslu a jejich dopad na sociální a environmentální sféru. V praktické části bude proveden kvalitativní výzkum zaměřující se na míru podvědomí a stav implementace prvků Průmyslu 4.0 ve výrobních podnicích Svazu chemického průmyslu.

# 1. Vývoj a charakteristika konceptu Průmyslu 4.0

## 1.1. Charakteristika konceptu Průmyslu 4.0

Průmysl 4.0 je označení zásadních technických a technologických změn napříč světovou ekonomikou, způsobené globálním rozvojem ICT nejen v průmyslových odvětvích, ale také v každodenním životě obyčejných lidí. V roce 2011 se pro označení těchto globálních změn ujal právě termín Průmysl 4.0 a udal tak doposud nejasný směr čtvrté průmyslové revoluce (kapitola 1.3), která však fakticky započala již s nástupem třetího tisíciletí. [1]

Celosvětový vývoj nových technologií probíhá na rozdíl od předešlých průmyslových revolucí bez geografického centra vývoje, a navíc enormní rychlostí, na kterou jsme u předchozích průmyslových revolucí nebyli zvyklí. Není zde prostor pro chyby. Kdo se včas nepřizpůsobí, nemá šanci na budoucím světovém trhu uspět. [2]



**Obrázek 1** – Prvky charakterizující koncept Průmysl 4.0 a zároveň koncept Smart Factory [3]

Tento dnes již celosvětově známý fenomén je charakterizován několika technickými prvky, které napomáhají zavést tento koncept do průmyslové praxe. Tyto prvky jsou napříč světovým průmyslem postupně implementovány nejen do výrobních oddělení, ale také do oddělení logistických, finančních, skladových či personálních. Mezi prvky Průmyslu 4.0, jejichž podrobným popisem se zabývá kapitola 2.2. a zároveň některé z nich jsou znázorněny na obrázku 1, patří například kyberneticko-fyzikální systémy (Cyber-Physical Systems – CPS), internet věcí (Internet of Things – IoT), virtuální realita či 3D tisk. Při zavedení těchto prvků v praxi však nesmíme opomenout důležitost posílení celosvětové kybernetické bezpečnosti (kapitola 3.3.), která bude základní podmínkou pro využívání jednotlivých prvků. [4]

Koncept Průmysl 4.0 přináší komplexní propojení napříč virtuálním a fyzickým světem, celkovou integraci, digitalizaci a automatizaci výrobních, podpůrných a řídicích postupů. Již dnes je zřejmé, že umělá inteligence (Artificial Intelligence – AI), spolu s dalšími nejmodernějšími technologiemi, které budou schopny autonomie, budou nedílnou součástí průmyslové budoucnosti. S touto myšlenkou pracuje i tento koncept. Předpokládá se, že robotické stroje s umělou inteligencí se budou schopny adaptovat na určitou situaci a prostředí, a na základě analýzy nashromážděných dat se i patřičně rozhodovat v reálném čase. Na místě bude i strojové učení. Robot bude schopný se „poučit“ z jeho předešlého chování bez jakékoliv potřeby přeprogramování pomocí lidské ruky. [5]

Do průmyslu budou zaváděny nové vyspělejší technologie, které budou mimo jiné také schopny šetřit přírodními zdroji. Zároveň se předpokládá, že se snížením spotřeby přírodních zdrojů se minimalizují také dopady na ŽP (snížení emisí, odpadu, efektivnější doprava). [6] Tématu spojující ŽP a koncept Průmysl 4.0 se věnuje kapitola 3.4.2.

S nástupem konceptu Průmysl 4.0 se začne měnit také celosvětový trh práce. Jak již bylo zmíněno, automatizace, roboti a AI jsou klíčovými faktory, které způsobí, že začne ubývat pracovních míst s fyzicky náročnou nebo rutinní prací, či obecně s nižším požadavkem na kvalifikaci pracovníka. Tato místa budou schopny automatizované systémy, roboti a umělá inteligence běžně zastat. Na druhou stranu vzniknou nová, dosud neznámá pracovní místa, pro která bude potřebná pokročilá kvalifikace v oblasti ICT a dalších oborů. Nízkokvalifikované pracovní síly bude třeba rekvalifikovat a obecně bude nutné s vývojem ICT posílit celoživotní vzdělávání (kapitola 3.4.1). [7]

### **1.1.1. Koncept inteligentní továrny**

Průmysl 4.0 představuje koncept tzv. inteligentní továrny, kde probíhá plně integrovaná automatizovaná výroba, která se značně liší od dnešních samostatných automatizovaných jednotek. Tato představa inteligentní továrny je založena na globální síti tvořené CPS, tedy výrobními linkami, které jsou schopny vzájemné komunikace. Předpoklad komunikace CPS je takový, že budou schopny komunikovat nejen mezi sebou pomocí IoT (kapitola 2.2.2.) a se zaměstnanci dané továrny, ale také se zákazníky. Bude zde vznikat masová produkce individuálních produktů přímo na míru. Výjimkou nebude ani pohotová optimalizace výrobního procesu jako reakce na měnící se požadavky trhu. [8]

Takto samostatné, plně automatizované a robotizované továrny uskuteční masovou výrobu tzv. inteligentních produktů. Tyto produkty budou znát veškeré informace o svém

vzniku, běžném použití, alternativním použití, aktuálním stavu či návod k opravě v případě výskytu chyby. Každý výrobek bude obsahovat zabudovaný identifikační čip fungující na principu systému rádio-frekvenční identifikace (Radio Frequency Identifikation – RFID), díky němuž bude jednoduše identifikovatelný a lokalizovatelný jak v samostatném výrobním procesu, kde bude schopen v každém stádiu autonomní kontroly, tak následně v praktickém použití, kde bude schopen kontroly funkčnosti. [9]

Dalším předpokladem je přítomnost globálně propojeného dodavatelského řetězce (kapitola 3.2), který pohotově reaguje na měnící se požadavky globálního trhu i jednotlivých zákazníků. Systémy informačních technologií (Information Technology – IT) budou propojeny horizontálně, kdy budou vytvářet s dalšími společnostmi efektivní ekosystém, ve kterém se uskuteční neustálé plynutí financí, materiálu a informací. Zároveň zde bude i propojení vertikální, které představuje integraci systémů na různých úrovních podniku tak, aby vznikl flexibilní výrobní systém. [10] Dodavatelský řetězec s inteligentními produkty úzce souvisí s tématem cirkulární ekonomiky (Circular Economy – CE). Z obchodního hlediska se postupem času stává pro společnosti velice finančně nevýhodné realizovat opakovaný nákup omezených zdrojů, jejichž cena s ubýváním světových zásob roste. Zároveň se klienti čím dál více obrací k výrobcům, kteří mají určitou environmentální zodpovědnost, a stejně tak jejich dodavatelé. Mluvíme tedy o určité recyklaci materiálu, které budou, nebo již jsou, dodavatelské řetězce schopny svým zákazníkům zajistit. U inteligentních produktů se předpokládá, že budou z takovýchto znovupoužitelných materiálů vyrobeny a tím zapadnou do konceptu CE, která je znakem odpovědného přístupu a konceptu udržitelnosti. [11] K inteligentní továrně bude neodmyslitelně patřit několik dalších prvků založených na vyspělých technologiích, které budou představeny v kapitole 2.2.

Zaměstnancům inteligentních továren bude nabídnuta fyzicky lehčí a kreativnější práce než doposud. Vzhledem k faktu, že fyzicky namáhavou práci budou vykonávat robotické systémy, prodlouží se pracovní schopnost každého člověka o několik let. Nutnou podmínkou takových změn je promítnutí této změny do vzdělávacích systémů a zároveň posílení systémů celoživotního vzdělávání. [2]

Cílem celé myšlenky by měla být plně automatizovaná soběstačná továrna pro budování efektivnějšího hodnototvorného řetězce, který bude zcela pod kontrolou digitálních prostředků nebo který bude schopen sebekontroly (autonomie). Výsledkem by měla být efektivní, flexibilní a individuální masová produkce pod kontrolou umělé inteligence. [12] Zároveň mezi hlavní cíle patří také ekologičtější forma výrobních procesů, které více využívají recyklované

materiály, produkují méně odpadních látek, spotřebovávají méně energie a zatěžují tak méně ŽP (kapitola 3.4.2).

### 1.1.2. Iniciativa Smart City

Iniciativa Smart City, inteligentní město, je často diskutovaným tématem neodmyslitelně spojeným s konceptem Průmysl 4.0, jehož je součástí. Myšlenka inteligentního města se dostala do podvědomí široké veřejnosti zhruba od roku 2008, kdy svět postihla velká finanční krize. Koncept inteligentního města stojí na základech myšlenky spojení moderních technologií, spravování věcí veřejných a široké veřejnosti, které zajistí obyvatelům těchto měst vysokou životní úroveň v několika ohledech. [13] Hlavním účelem je vybudovat základ plně udržitelných měst v oblastech ekonomiky, environmentu, mobility, služeb, vzdělávání, zdraví, životní úrovně, infrastruktury nebo bezpečnosti obyvatelstva. To všechno s pomocí CPS a AI komunikujících přes IoT. [14]



Obrázek 2 – Inovace v oblasti Smart City [15]

Inteligentní města budou mít jinou vizuální i společenskou podobu, než jakou známe dnes (obrázek 2). Kromě vizuální změny bude potřeba učinit průlom v myšlení obyvatelstva a jejich vzájemné spolupráci (běžní občané, akademici, úředníci, průmysloví manažeři, státní zaměstnanci). Občané již nebudou považováni pouze za „uživatele“ jednotlivých technologií,

ale za „aktivně zúčastněné strany“ podílející se na neustálém zlepšování životní úrovně. Technologie již nebude považována za statické aktivum, přejde v aktivum dynamické. [13]

Tuto transformaci měst však nelze chápat jako okamžitý proces. Jde o postupnou přeměnu jednotlivých městských částí, která obsahuje několik potřebných změn zahrnujících požadavky na efektivitu, účinnost a konkurenceschopnost jednotlivých měst. Neopomenutelnou součástí těchto inteligentních měst budou již výše zmíněné inteligentní továrny, které napomohou zvyšování úrovně těchto vlastností u jednotlivých měst. Zároveň bude každé inteligentní město s takto inteligentní továrnou, vyskytující se na jeho území, informačně propojeno. Mluvíme o relevantním informačním toku mezi inteligentním městem a inteligentní továrnou, který bude mít podobnou charakteristiku jako sdílení informací mezi obyvateli města a dalšími subjekty na jeho území. Evropská Unie (EU) vynakládá ročně značné úsilí a finanční prostředky na postupnou inovaci hlavních městských metropolí v několika dílčích krocích. Mezi hlavní strategické dokumenty, které byly v posledních deseti letech vydány Evropskou komisí, a které se zabývají tematikou inteligentních měst, jsou Politika soudržnosti evropského společenství za období 2014-2020, Digitální agenda pro Evropu a Evropská městská agenda. Každý z těchto dokumentů udává směr vývoje evropských měst směrem k inteligentním městům pomocí prvků digitalizace a automatizace. [16]

Zavádění této myšlenky v praxi jde ruku v ruce s rapidně stoupající křivkou urbanizace, která je úzce spjata s rostoucí populací a trhem práce. Data z roku 2019 vypovídají, že dnes žije ve městech více než polovina světové populace, bavíme se tedy zhruba o 4 miliardách obyvatel. Podle světové organizace OSN dosáhne do roku 2050 celosvětová urbanizace hodnoty 80 %. [17] Tato čísla jsou obrovským skokem, když si uvědomíme, že v 50. letech minulého století čítala světová urbanizace 30 % celkové populace. I tento důvod přispívá k přeměně měst ve Smart Cities. Uspořádanost těchto měst by měla zamezit celkovému chaosu v takto velkých megalopolích, kterých je dnes na světě okolo 35 a nárůst do roku 2050 se očekává o dalších deset. [18]

Vedle inteligentních továren a inteligentních měst patří pod koncept Průmysl 4.0 také tzv. inteligentní domácnost (Smart Home), která představuje uplatnění ICT a jednotlivých prvků tohoto fenoménu v budoucích domácnostech každého z nás. Tomuto tématu ani problematice inteligentních měst se však v této bakalářské práci blíže věnovat nebudeme.

## **1.2. Historie vzniku pojmu Průmysl 4.0**

Původně německý termín Industrie 4.0 byl poprvé použit v říjnu roku 2011 v saském městě Hannover, kde se každoročně koná významný technologický veletrh. Německá spolková republika tehdy představila tento koncept jako soubor revolučních myšlenek, které mají za úkol vystřelit německý výrobní trh na světovou špici. Byla to reakce na stále rychleji se vyvíjející konkurenční prostředí hlavně asijského, ale i amerického trhu, který přesunul ten evropský, co se týče vývoje technologií, významně do pozadí. [19]

Německá vláda na základě této myšlenky ustanovila v roce 2013 inovační platformu špičkových vědeckých institucí, která měla za úkol vytvořit několikaletý implementační plán automatizace a digitalizace napříč německým průmyslem. Na tuto platformu bylo spolkovou vládou vynaloženo již více jak 400 milionů EUR a zapojila se do ní nejen spolková vláda zastoupená ministrem hospodářství a ministrem pro výzkum, ale také průmyslová oborová sdružení, odbory a výzkumné instituce. [20]

Hlavním cílem vzniku této platformy bylo vystřelit tehdejší německou ekonomiku na světovou špici, aby se tak stala stejnocenným či dokonce vyspělejším konkurentem stále se rozvíjející čínské a japonské ekonomiky a jejich technologií [12]. Průmysl 4.0 se dnes však nevztahuje pouze k Německu. Tento pojem je již celosvětově používán spolu se čtvrtou průmyslovou revolucí jako synonymum pro současný dynamický vývoj ICT.

## **1.3. Čtvrtá průmyslová revoluce**

K dnešnímu dni náš svět zažil již čtyři průmyslové revoluce, kdy tu čtvrtou, způsobenou skokovým vývojem ICT, které jsou již každodenní součástí našich životů, právě zažíváme.

### **1.3.1. Průmyslové revoluce**

Počátek první průmyslové revoluce lze datovat do doby okolo roku 1760, kdy se společnost ve Velké Británii odklonila od tradiční zemědělské výroby a přešla na společnost, která staví své úspěchy na výrobní ekonomice. Tento posun od hospodaření k výrobě byl zapříčiněn objevem vodní a parní energie a následným využitím ve výrobním procesu ve vůbec prvních manufakturách. [19] Netrvalo dlouho a výstavba manufakturních výrobních se rozrostla napříč Evropou a způsobila velkou změnu v dosavadním způsobu života nejen ve Velké Británii.

Druhá průmyslová revoluce započala okolo roku 1870, kdy nedávno objevená elektřina byla díky nově zbudovaným elektrárnám postupně zaváděna do velkých měst. Elektrifikace měst zapříčinila vznik montážních linek napříč manufakturami, které významně ulehčily a hlavně urychlily dosavadní výrobní procesy. Zde jsou datovány prvopočátky sériové a hromadné výroby na montážních linkách, které byly následně hojně využívány v ranných začátcích automobilového průmyslu (např. Fordova proudová výroba automobilů). Konec druhé průmyslové revoluce lze datovat k roku 1914, kdy započala První světová válka a tím šel vývoj světové ekonomiky stranou a světové výrobní linky byly určeny na výrobu těžké válečné techniky. [21]

Další průmyslovou revoluci, a tím už třetí v pořadí, lze datovat do poloviny 20. století. Toto období je spojováno s první sériovou výrobou počítačů, což dalo základ pro prvopočátky digitalizace a automatizace ve výrobě. [20]

Zatímco každá z dosavadních průmyslových revolucí byla spojována převážně s technickými a technologickými pokroky ve výrobě, čtvrtá průmyslová revoluce je spojována se zaváděním plně integrovaných chytrých zařízení do výrobního odvětví. Každá ze tří revolucí, kterou společnost dosud zažila, probíhala v pomalu se navyšujícím tempu a ruku v ruce s rozvojem technologií, který byl ovlivněn politickou i ekonomickou situací. [12] Čtvrtá průmyslová revoluce je však jiná. Hlavním důvodem odlišnosti je uspěchaná doba a neustále se zvyšující tlak v globalizovaném hospodářském prostoru a od toho se odvíjející tempo vývoje nových technologií. Vývoj nových ICT a jejich zavádění do běžného života, průmyslu nevyjímaje, nabírá enormní rychlosti. Platí zde tedy jednoduché Nerudovské pravidlo „kdo chvíli stál, již stojí opodál“, jelikož dohnat způsobené ztráty je obtížné, velice drahé a leckdy i nemožné. [3]

### **1.3.2. Zahraniční iniciativy v rámci čtvrté průmyslové revoluce**

Jak již bylo zmíněno v kapitole 1.2, Německo udalo zásadní směr čtvrté průmyslové revoluce již v roce 2011 při představení konceptu Průmysl 4.0. Ostatní státy celého světa však na sebe nenechaly dlouho čekat.

Čínská vláda za nedlouho po hannoverském kongresu, v roce 2015, vydala otevřenou reakci na německý koncept spuštěním vlastního programu pod názvem „Made-in-China 2025“. Tato platforma, která má dovést Čínu do digitálního věku, má za úkol do roku 2025 zvednout procentuální podíl lokálních průmyslově využívaných komponent a materiálů pro konstrukci a výrobu průmyslových výrobků, a to až na 70 %. Program se primárně zabývá hlavními

průmyslovými segmenty země, kam lze zařadit především dopravu (letectví, železnice), robotické technologie a energetická zařízení. Neopomenutelnou součástí programu je představa zbudování několika desítek výzkumných center napříč Čínskou lidovou republikou. [22]

Ani jihokorejská vláda však nezůstala s reakcí na čtvrtou průmyslovou revoluci pozadu. Jejich program, nesoucí název „Manufacturing Industry Innovation 3.0“, byl spuštěn v polovině roku 2014. Tato strategie stála tamní vládu ve spolupráci se soukromým sektorem již přes 750 miliónů EUR. Hlavní myšlenkou celého programu je rozšíření podpory pro výstavbu inteligentních továren a zavádění nových inteligentních zařízení napříč tamní průmyslovou výrobou. [12]

Mezi první evropské státy, které reagovaly na německý koncept a zveřejnily tak svůj vlastní inovační program, byla Francie. Francouzská vláda spustila na jaře roku 2015 inovační platformu pod názvem „Industrie du Futur“, která je definována několika hlavními pilíři. Mezi tyto pilíře patří: rozvoj nových technologií (aditivní výroba, virtuální a rozšířená realita), finanční podpora malých a středních podniků (daňové úlevy a úvěry), vzdělávání pracovní síly a posílení mezinárodní, zejména evropské, spolupráce v oblasti budoucího rozvoje. Francie se nyní primárně zaměřuje na rozvoj v oblasti Smart Cities, dopravy, digitální bezpečnosti nebo na hledání a získávání nových, ekologičtějších zdrojů energií a materiálů. [23]

O pár let dříve, než Francie se do tvorby vlastních inovačních programů pro rozvoj digitální budoucnosti pustily Spojené státy americké. V roce 2012 zde byla založena nezisková platforma „Smart Manufacturing Leadership Coalition“, která usiluje o transformaci průmyslového sektoru směrem k optimalizaci vlastní výroby a maximální zvyšování produkce. Hlavním cílem tohoto programu je vytvoření sdílené infrastruktury, která vede k rozšíření moderních ICT, mezi které lze zařadit virtuální realitu (Virtual Reality – VR), rozšířenou realitu (Augmented Reality – AR), analýzu dat získaných pomocí senzorů a čidel atd., a zbudování stabilní základny pro sdílený výzkum a vývoj. Veřejným a soukromým sektorem bylo na tuto iniciativu vynaloženo více jak 140 miliónů USD. [24]

Následně v roce 2014 byly na americké půdě zbudovány základy pro novou platformu nesoucí název „Industrial Internet Consortium“ [25]. Zakladateli této platformy byla čtveřice velice známých nadnárodních společností: Microsoft, Dell EMC, Huawei a dnes již neexistující bankovní společnost GE Money Bank, a Purdue Univerzity (College of Engineering) sídlící v Indianě [26]. Primární myšlenkou programu je propojit inovační zájmy napříč komerčním, vládním a akademickým sektorem, kdy hlavním cílem je urychlit rozvoj a následnou implementaci moderních ICT napříč průmyslovými odvětvími. Dnes tato platforma čítá okolo

150 členů z řad malých i velkých podniků, kteří představují technologické inovátory, vertikálně orientované tržní lídry, univerzity či vládní organizace. [25]

Podobná reakce na průmyslovou revoluci přišla také z Japonska. Tamní vláda nechala v roce 2015 zřídit inovační program s názvem „Industrial Value Chain Initiative“, který si klade za cíl vytvoření technologických standardů pro integraci a internacionalizaci místních továren. [12]

Podle průzkumů z roku 2016 je investováno EU napříč členskými státy přes 140 miliard EUR ročně [13]. Tyto peníze jsou investovány převážně do výzkumu a vývoje nových technologií spadajících pod koncept Průmysl 4.0. Mezi strategické plány vydané EU v této oblasti patří například Green Action Plan z roku 2014, který má za úkol zanalyzovat schopnost malých a středních podniků zvýšit využitelnost zdrojů a snížit množství vyprodukovaného odpadu, a na základě těchto dat podpořit zavádění nových inovací v tomto průmyslovém sektoru. [27] Jednou z velice významných a diskutovaných strategií EU, která je již u konce, byla Evropa 2020, která byla aplikována v členských státech mezi lety 2010-2020. Rámcový program Horizont, který byl součástí této strategie, měl za úkol financovat výzkumné projekty, jejichž úkolem bylo uvést inovativní nápady ve skutečné produkty nebo služby, které by bez finanční pomoci nikdy nemohly vzniknout. [28] Navazujícím rámcovým programem EU se od roku 2021 stává Evropa Horizont 2021-2027, na který Evropská komise vyčlenila více jak 100 miliard EUR. Jeden z hlavních pilířů tohoto rámcového programu, má mimo jiné za úkol posílení evropského inovačního výkonu, konkurenceschopnosti, posílení podpory pro vznik nových pracovních míst v rámci rozvoje ICT nebo udržení socio-ekonomického modelu a hodnot. Avšak hlavním tématem celého programu je rozvoj v oblasti udržitelnosti procesů, kam je zahrnut také rozvoj v rámci klimaticky neutrálních inteligentních měst a klíčových digitálních a podpůrných technologií, což povede k vytvoření nových trhů a služeb zákazníkům. [29] Dalším příkladem projektů v rámci EU je projekt EUREKA či SPIRE. EUREKA je celoevropská síť, která zpracovává poznatky v oblasti výzkumu a vývoje pro tržně-orientovaný průmysl, a následně tyto poznatky aplikuje v členských státech EU. SPIRE, patřící též pod strategii Horizon 2020, je projekt na podporu udržitelnosti procesního průmyslu prostřednictvím správné využitelnosti pro účinnost energetických zdrojů. [27]

## 2. Prvky Průmyslu 4.0

### 2.1. Implementace konceptu Průmysl 4.0 a jeho prvků v praxi

Koncept Průmysl 4.0, jak již bylo v této práci mnohokrát zmíněno, je v posledních pár letech zaváděn v průmyslové praxi pomocí nejnovějších ICT zahrnujících nejčastěji proces robotizace, digitalizace a automatizace výrob. Proces implementace jednotlivých prvků do jednotlivých sektorů továren ulehčuje charakteristika šesti základních pilířů (nebo také principů), kterých by se jednotlivé podniky měly při postupném zavádění fenoménu držet [13]:

1. **interoperabilita**: spolupráce CPS, lidí a inteligentních továren prostřednictvím IoT;
2. **virtualizace**: schopnost CPS monitorovat a kontrolovat jednotlivé fyzické výrobní procesy pomocí senzorů a vytvořit tak virtuální prostředí vhodné pro simulace možných scénářů;
3. **decentralizace**: schopnost CPS v inteligentních továrnách dělat vlastní rozhodnutí (vzrůstající náročnost centrálního monitoringu se vzrůstající individuální poptávkou na trhu), toto vede k úplnému rozpadu hierarchických rozhodnutí a k posunu k samoorganizaci;
4. **schopnost okamžitého přizpůsobení**: shromažďování a analyzování dat pomocí internetu všeho (Internet of Everything – IoE), které nám poskytnou cenné statistiky ohledně měnící se poptávky na trhu, nebo o poruše výrobní linky, kdy je potřeba okamžitě přesměrovat výrobu jinam;
5. **orientace na služby**: služby jednotlivých společností, CPS a lidí by měly být nabízeny pomocí internetu služeb (Internet of Services – IoS) ať už uvnitř nebo vně daného podniku;
6. **modularita**: přizpůsobení továren měnícím se požadavkům na nahrazení nebo rozšíření jednotlivých modulů, které lze snadno upravit například kvůli sezonním výkyvům nebo změně charakteristiky produktu.

## **2.2.Charakteristika jednotlivých prvků konceptu Průmysl 4.0**

Úkolem jednotlivých prvků spadajících do fenoménu Průmysl 4.0 je inovovat obyčejná města, továrny a domácnosti na inteligentní. Všechny tyto transformační procesy jsou postaveny na automatizaci, robotizaci a digitalizaci jednotlivých činností a jejich vzájemné integraci. Tím dávají za vznik budování průmyslově efektivnějšího hodnototvorného řetězce.

V následujících podkapitolách budou představeny jednotlivé prvky, které do čtvrté průmyslové revoluce (Průmyslu 4.0) neodmyslitelně spadají.

### **2.2.1. Kyberneticko-fyzikální systémy**

Kyberneticko-fyzikální systémy (Cyber-Physical Systems – CPS) představují jeden z hlavních prvků, které tvoří základ celé myšlenky Průmyslu 4.0. Lze je charakterizovat jako vysoce vyspělé stroje s umělou inteligencí, které jsou napojeny na celosvětovou internetovou síť, prostřednictvím které komunikují, a jejíž jsou součástí. Jejich komunikace probíhá pomocí IoT. Tento způsob komunikace je aplikován jak mezi jednotlivými CPS, tak i pro komunikaci mezi CPS a lidmi, které k těmto inteligentním strojům mají přístup (majitelé, uživatelé, zaměstnanci, zákazníci). CPS představují rozhraní a zároveň propojení mezi fyzickým světem lidí a virtuální světem, tj. představují vzájemně interagující síť kybernetického a reálného světa. Základem bude napojení každého stroje do sítě pomocí vlastní IP adresy, která lidem umožní systém kontrolovat a monitorovat jeho činnost v online prostředí v podstatě kdykoliv a odkudkoli a mapovat tak celý proces výroby. [13]

Jejich software je vysoce flexibilní a zajišťuje jim tak schopnost okamžité optimalizace. Optimalizace jednotlivých výrobních systémů v reálném čase je věc, bez které se na budoucím trhu nelze obejít. Zajišťuje průmyslovému podniku okamžité přizpůsobení na měnící se poptávku, okamžité přesměrování výroby na jinou výrobní linku v případě poruchy, či okamžité přizpůsobení při neschopnosti dodavatele dodat námi požadovaný materiál. Dalšími přínosnými vlastnostmi CPS jsou časové a frekvenční domény, analýza prostoru, predikace, filtrování potřebných informací, řízení, kontrola nebo identifikace systému. [30]

CPS budou mít významný dopad na budoucí trh práce. Na jednu stranu způsobí zánik desítek až stovek pracovních míst. Na stranu druhou budou schopny obsadit dosud zdraví a životu nebezpečné pracovní pozice a vytvořit tak nová pracovní místa (např. návrhy CPS řešení, údržba CPS systémů, opravářské práce, revize atd.)

### 2.2.2. Internet věcí, služeb a dalších objektů propojených do informační sítě

Vedle lidí je internetové rozhraní využíváno dalšími postupně se připojujícími subjekty, pomocí nichž jsou nabízeny nejrůznější služby. Dochází tak k připojení a propojení velkého množství reálných subjektů, osob a aplikací ve virtuálním prostoru. Pro tyto prvky Průmyslu 4.0 se ustálilo označení Internet věcí, Internet služeb, Internet lidí a souhrnný pojem Internet všeho.

**Internet věcí** (Internet of Things – IoT) je označení v podstatě jakéhokoliv stroje majícího různé schopnosti a poskytujícího různé služby, který je jakýmkoliv způsobem schopen alespoň krátko dosažného bezdrátového připojení k internetu a je schopen poskytovat, analyzovat či prezentovat získaná data či poskytovat služby. IoT je jinými slovy považován za soubor připojení čehokoliv, kohokoli, odkudkoli, kdykoli, jakékoli sítě či služby používajících širokou škálu síťových protokolů, aplikací a síťové domény. IoT je internetové rozhraní tvořené obrovským objemem dat sesbíraných pomocí senzorů CPS, které je možné následně analyzovat (např. s pomocí Business Intelligence – BI), a dále je vnímán jako nástroj k ovládnutí zařízení právě v rámci těchto CPS systémů. Původně byly schopny se na IoT napojit pouze jednoznačně identifikovatelné stroje pomocí RFID. Dnes však mluvíme i o dalších zařízeních, které jsou schopny se na IoT napojit pomocí různých druhů signálů (mobilní, GPS, wi-fi, Bluetooth), nejmodernějších senzorů či čipů. [31]

IoT však nepředstavuje pouze síť poskytující obrovské množství mnohdy i nepotřebných dat. Jedná se především o komunikační síť typu M2M (machine-to-machine), M2P (machine-to-person) a P2P (person-to-person) [32]. Z výzkumných dat společnosti Cisco Internet Business Solutions Group bylo zjištěno, že již v polovině roku 2008 bylo do internetového rozhraní napojeno více neživých objektů než objektů živých. Tyto objekty položily první základy dnes již známého IoT, které se následně stalo jedno ze součástí IoE. [33]

**Internet služeb** (Internet of Services – IoS) je součástí celosvětového internetového rozhraní, které dává možnost zprostředkování nabídky jednotlivých služeb prostřednictvím internetu k cílovým zákazníkům. Dnes mluvíme o službách, které mohou být nabízeny a využívány v celosvětovém měřítku (např. využití externího úložiště, předplatné aplikací atd.). Jednotlivé služby jsou na IoS nabízeny velkým počtem dodavatelů, kteří zaručují zprostředkování nabídky služeb k cílovým spotřebitelům a uživatelům. Mezi celosvětově známé dodavatele (zprostředkovatelské kanály) služeb prostřednictvím internetové sítě patří

dnes již tradičně Microsoft, Google či široký seznam sociálních sítí (Facebook, Instagram, Twitter). [34]

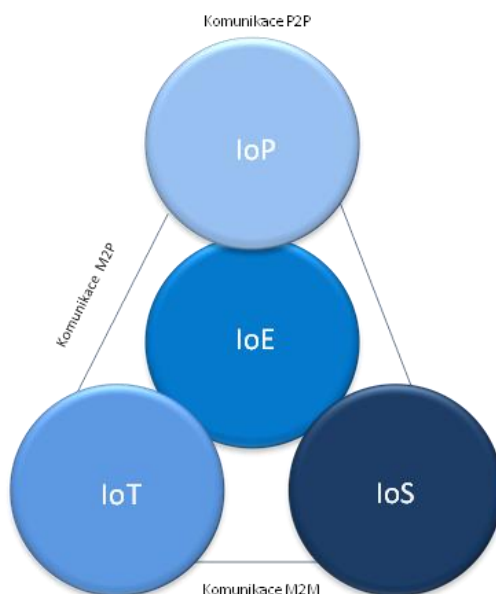
Zatímco IoT je tvořen především reálnými objekty, tedy zařízeními, které tvoří reálnou část CPS s pomocí senzorů a čidel, IoS je tvořen především ve světě virtuálním, kde jsou nabízeny virtuální služby (aplikace, úložiště, programy, software) [35].

**Internet lidí** (Internet of People – IoP) je jednou z částí globální internetové sítě, která je tvořena shromažďováním dat pomocí jednotlivých uživatelů mající zde stejný úkol, jako senzory CPS, které dohromady tvoří IoT. IoP sbírá jednotlivé informace pomocí sociálních sítí a shromažďuje je k jejich dalšímu využití. [36]

V dnešním světě jsou lidé nuceni při využívání nejrůznějších technologií komunikovat jakýmkoli systémy na základě zadávání pokynů a informací pomocí IoT. Tyto informace se však v čase mohou změnit. Tento fakt zapříčiňuje, že pokud máme nějakou systémově přednastavenou rutinu, kterou denně dodržujeme (př. automatické vyhřívání výrobní haly) a nějaká situace nám v této rutině zabrání nebo daná rutina není potřeba, či je její časové rozmezí posunuto, musíme tuto změnu do systému zadat jako nový příkaz ručně. V těchto situacích je však snaha odklonění od IoT směre právě ke zmíněnému IoP, který pracuje na základě přizpůsobování funkčnosti napojených systémů lidem a jejich životním situacím autonomně. [37]

Za tímto účelem probíhá neustálý rozvoj chytrých telefonů (smartphones), které představují hlavní nástroj, který připojuje lidi do internetu a vytváří tak IoP. Je zde snaha o vytvoření chytrých telefonů, které budou schopny se o svém uživateli dozvědět co nejvíce bez potřeby manuálního vložení dat. Rozvoj v oblasti chytrých telefonů do budoucna zahrnuje inovaci v oblasti spravování a navrhování nových interakcí s různými zařízeními (např. napojení na topné těleso výrobní haly), spravování digitálního profilu uživatele (např. jeho příchod do výrobní haly, nebo naopak opoždění či absence) jako základ reakce a obecně poskytovat kontext svého vlastníka pro ostatní uživatele či zařízení (např. zpráva zaměstnancům o zrušení pracovní povinnosti v rámci poruchy výrobního zařízení). [37]

**Internet všeho** (Internet of Everything – IoE) je společné označení čtyřech základních oblastí, kterými je IoE tvořen. Jedná se o propojení lidí, věcí a služeb, jak znázorňuje obrázek 3, které dohromady vytvářejí určité hodnoty. V dnešní době tedy už nemluvíme o pouhém propojení jednotlivých strojů a prostém sdílení dat mezi nimi, ale o celosvětové síti tvořené různorodými subjekty. [38]

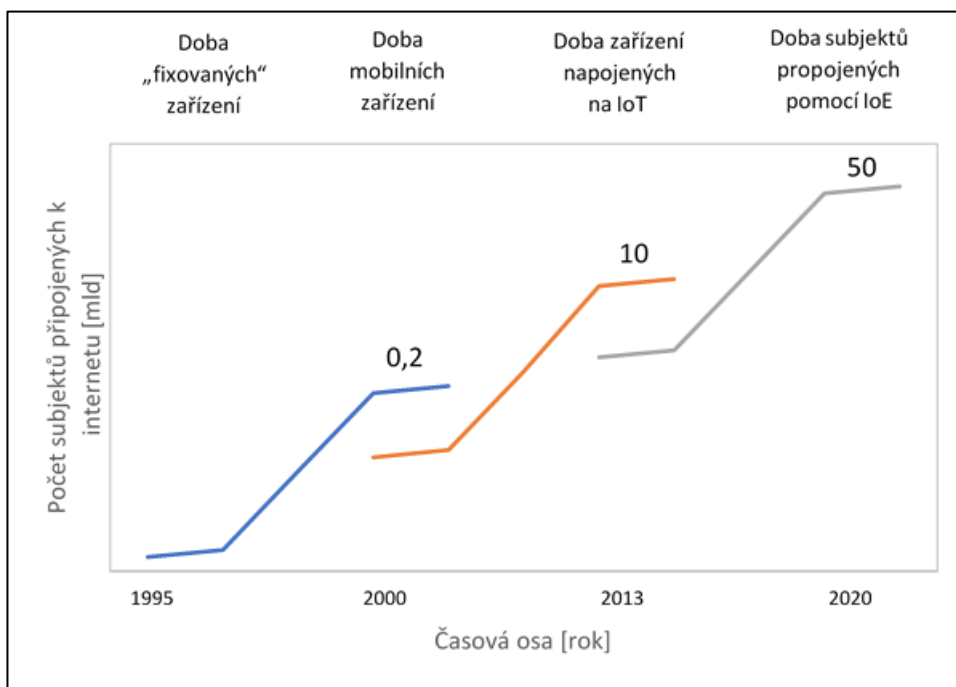


**Obrázek 3** – Znázornění podstaty a složení IoE [zdroj vlastní]

Podle již zmíněné společnosti Cisco projde každý výrobní podnik určitou poměnou podle několika tzv. S-křivek (graf 1), které dohromady vedou k celkovému vytvoření napojení na globální rozhraní IoE. S každou vlnou jsou spojeny určité výhody (automatizace procesů, zlepšení ekologických dopadů, využití nových marketingových modelů), ale také rizika, s kterými je třeba při postupné implementaci prvků počítat (kybernetická bezpečnost, neochota zaměstnanců přijmout novou inovaci). Společnost Cisco dále uvádí, že celosvětová investice do implementace IoE napříč světovými podniky v období 2013-2023 přesáhne 14,4 biliónů USD, což je v přepočtu zhruba 320 biliónů korun českých. [32]

Využití IoE celosvětově neustále stoupá díky nárůstu objemu dat a díky využívání jednoho z dalších prvků fenoménu Průmysl 4.0 a to tzv. Cloud Computingu (CC), kterému se věnuje kapitola 2.2.3. Nelze opomenout propojení tématu IoE s tématem inteligentních měst (kapitola 1.1.2), s jejichž propojením s celosvětovou sítí pro získávání informací a dat se počítá. Takto získaná data v reálném čase z různých senzorů zde budou analyzována a následně

využívána pro rychlé řešení vzniklých problémů uvnitř měst (zdravotnictví, doprava, kriminalita atd.).



**Graf 1** – S-křivky znázorňující úplné dosažení zavedení IoE v podniku (autor na základě [32])

### 2.2.3. Cloud Computing

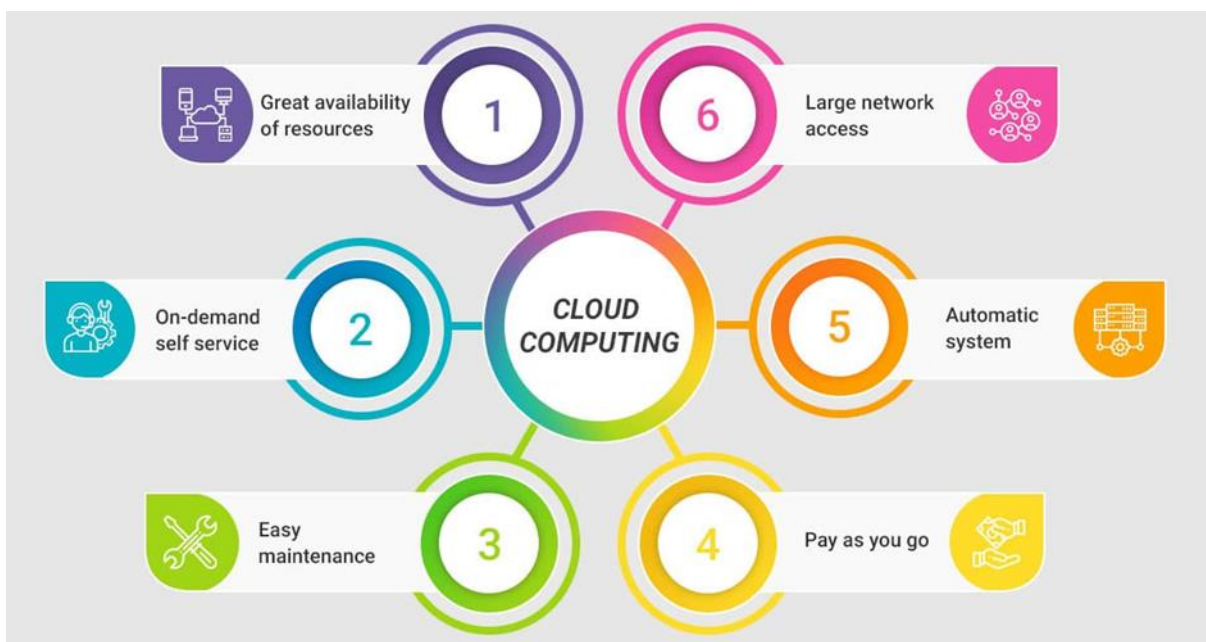
Cloud Computing (CC), je IT model, který má celosvětově mnoho definic. Národní instituce pro standardy a technologie definuje CC jako model umožňující všudypřítomný a efektivní síťový přístup na vyžádání ke sdílenému fondu konfigurovatelných výpočetních zdrojů, jako jsou například sítě, aplikace, servery, úložiště a služby, který lze snadno zajistit s minimálním úsilím jeho správy nebo s minimální interakcí s poskytovatelem těchto služeb. Jedná se o jednu z hlavních klíčových podnikatelských složek, která spolu s IoT kompletně mění základy celosvětové podnikové strategie v rámci IT služeb. [39]

Další možnou definici CC poskytuje Rimal a kol. [40] ve své publikaci, kde je tento prvek čtvrté průmyslové revoluce definován jako model pro poskytování služeb a přístupu, kde jsou virtualizovatelné a dynamicky škálovatelné zdroje (tzn. jsou schopny zvládat rostoucí množství práce přidané do systému) poskytovány jako internetová služba.

Společnost Cisco definuje ve svém dokumentu z roku 2009 CC jako poskytování IT zdrojů a služeb pomocí komponent, které byly vyňaty ze základní infrastruktury a poskytovány

„na vyžádání“ a „ve velkém“ v multitenantním prostředí. Slovní spojení „na vyžádání“ vysvětluje situaci, kdy tyto zdroje mohou být poskytovány v případě potřeby ihned, zároveň mohou být však okamžitě uvolněny, pokud nejsou potřeba, a daný uživatel za ně platí pouze v době jejich používání. „Ve velkém“ zde charakterizuje skutečnost, že služba zde poskytuje vidinu nekonečné dostupnosti zdrojů pro širokou škálu požadavků. Multitenantní prostředí lze definovat jako prostředí, které je dostupné více spotřebitelům této služby v daný okamžik. Tyto vlastnosti podle společnosti Cisco přímo přispívají k úspoře nákladů, kapitálových výdajů a flexibilitě poskytování IT služeb z hlediska poskytovatele CC. [41]

Zástupci Vysoké školy ekonomické v Praze navrhli tuto podobu definice CC: „Cloud Computing zahrnuje dodávku virtualizovatelných IT zdrojů jako služby přes internet. Služby Cloud Computingu jsou dostupné škálovatelným a bezpečným způsobem ve vzdálených datových centrech a jsou placeny podle potřeby (pay-as-you-use). Služby jsou kategorizovány jako SaaS, PaaS, IaaS.“ Tyto tři základní typy služeb zahrnují pouze pronájem virtualizované infrastruktury (Infrastructure as a Service – IaaS), pronájem vývojového prostředí (Platform as a Service – PaaS) nebo kompletní pronájem aplikace z cloudu (Software as a Service – SaaS), kam můžeme zahrnout například Google Docs nebo Office 365. [42]



**Obrázek 4** – Služby poskytované modelem Cloud Computing [43]

Ať už je definice jakákoliv, všechny říkají v podstatě to samé (obrázek 4) a shodují se na několika základních vlastnostech CC: virtualizace, dostupnost odkudkoli pomocí internetového připojení, uživatelsky přívětivé rozhraní, platba podle skutečného využití, okamžitá optimalizace a škálovatelnost [42]. Nesmíme však opomenout výhodu v podobě odlehčení podnikového IT oddělení, kdy nemusíme řešit velikost úložiště ve formě harddisků, neustálý nákup nových, modernějších softwarů a v neposlední řadě není třeba řešit kybernetickou bezpečnost, kterou zajišťuje poskytovatel CC.

#### 2.2.4. Umělá inteligence

Umělá inteligence (Artificial Intelligence – AI) je charakterizována Evropskou komisí jako soubor několika přístupů a technik zahrnující strojové učení, strojové uvažování a robotiku. Strojové uvažování zde představuje plánování, vyhledávání a optimalizaci na základě získaných znalostí. Robotikou se zde rozumí ovládání, vnímání, používání senzorů a aktivačních technik. To vše propojeno s podnikovými CPS pomocí IoT. Hlavním úkolem AI je imitace lidské inteligence a lidského uvažování na základě IT technologií. [44]

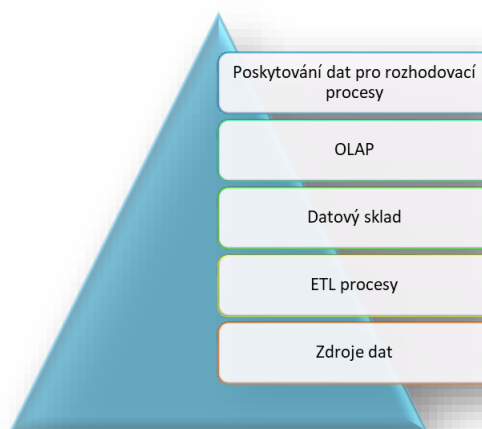
V posledních letech je AI velice diskutovaným tématem spojovaným se čtvrtou průmyslovou revolucí i přesto, že tento prvek je znám již několik desítek let. Jeho první definice zazněla roce 1955, když Marvin Minsky [45] charakterizoval ve své práci AI jako „*umění přimět přístroje chovat se takovým způsobem, který by se mohl nazvat inteligentním, kdyby se tak choval člověk*“. [46]

AI dnes zahrnuje řadu subdisciplín, mezi které patří nejen komunikace s člověkem, strojové uvažování s vlastním jazykem, statistické strojové učení a robotiku, ale také zasahování do běžících procesů na základě zanalyzovaných dat. Technologie AI je dnes na takové úrovni, že potřebný lidský zásah do jejího správného fungování je čím dál méně potřebný. Někteří vědci a IT specialisti se domnívají, že vývoj v oblasti AI dosáhne do bodu, kdy bude schopna se vyrovnat lidské inteligenci, nebo ji dokonce překonat. Avšak benefity plynoucí z využití AI, která je již dnes v různých oblastech lidského života používána (zdravotnictví, průmysl, zábava, doprava, zemědělství, vzdělávání atd.), mohou být velmi rychle narušeny riziky, která jsou s jejím použitím spojena (např. kybernetická bezpečnost). [45]

## 2.2.5. Business Intelligence a Big data

**Business Intelligence** (BI) je soubor nástrojů a technik, které jsou poskytovány pomocí nejnovějších podnikových informačních systémů. Hlavní funkcí BI je pomoc při získávání a následném zpracování dat, které budou v konečné fázi doručeny ke správnému příjemci v nejvhodnějším formátu. Tyto informace jsou nejčastěji doručovány osobám s rozhodovací pravomocí, které takto získají potřebné, pravdivé a reálné informace. BI tímto způsobem napomáhá podnikům ke konkurenční výhodě, rychlejší reakci na změny a k celkovému budování přidané hodnoty podniku. [47] Zjednodušeně řečeno BI systémy kombinují analytické nástroje s nástroji pro sběr dat, jejich ukládání a správu k vytvoření komplexních interních a konkurence schopných informací pro plánovací a rozhodovací orgány podniku. BI zajišťují včasnou dodávku užitečných informací ve správný čas, na správné místo, ke správné osobě a ve správném formátu. [48]

Strukturu procesu, který BI využívá lze vyjádřit v několika stupních, které znázorňuje pyramida na obrázku 5. Zdroje dat mohou být jak externí (veřejné statistiky, tržní trendy, legislativa), tak interní (personalistika, skladové zásoby, výrobní kapacita). Získaná data dále prochází tzv. ETL procesy, což znamená, že jsou ze zdroje extrahována (Extract), převedena do správného formátu (Transform) a následně nahrána (Load) do datového skladu. [47] V okamžiku nahrání do datového skladu se takto zpracovaná data mění na informace, které jsou zde organizovány podle charakteristiky do datových tržišť (navzájem nezávislé datové sklady) [48]. Pokud je potřeba, mohou uložené informace projít několika druhy zpracovatelských aplikací, mezi které patří například tzv. OLAP (Online Analytical Processing), což je analytický nástroj pro zpracování potřebných informací, která jsou následně prezentována cílovým osobám [49].



**Obrázek 5** – Struktura BI [zdroj vlastní]

**Big Data** jsou definována jako extrémně velké sady celosvětově sbíraných dat, které lze počítačově zpracovat a následně analyzovat a tím odhalit určité vzorce, trendy a asociace nejen v tržním prostředí. Takto zpracovaná data jsou následně považována za velice spolehlivý zdroj při manažerském rozhodování. Big Data napomáhají manažerům z celého světa učinit rozhodnutí na základě podložených faktů (čísel) a ne pouze na základě lidské intuice. Rozhodnutí vyplývající z těchto dat jsou lepší, cílenější, rychlejší, přesnější a zároveň vedou k efektivnějšímu cíli. [50]

Koncept Big Data lze jednoduše charakterizovat podle konceptu 3V: Volume (objem), Velocity (rychlost) a Variety (různorodost). Objem světových dat, která jsou každou sekundu generována pomocí milionů technických zařízení (chytřejší telefony, sociální sítě, ICT, senzory atd.), neustále narůstá. [51] V roce 2019 bylo dle statistického serveru Statista vygenerováno 41 zettabytů ( $41 \cdot 10^{21}$  byt) dat. V roce 2020 (k datu 3. 12. 2020) je pracováno s číslem 59 zettabytů celosvětově vygenerovaných dat [52]. Rychlost generování a zpracování dat, která je také součástí charakteristiky 3V, je zde velice zásadní pro získání užitečných a relevantních informací. Poslední z charakteristiky 3V je různorodost, která představuje vysokou škálu zdrojů, z kterých jsou data sbírána v různých formátech. [51] Takto sesbíraná Big Data mohou být následně zpracovávána podnikovými systémy, které využívají BI.

## 2.2.6. Virtuální a rozšířená realita

**Rozšířená realita** (Augmented Reality – AR) nabízí možnost zobrazení části virtuálního světa ve světě reálném. Jedná se o prvek čtvrté průmyslové revoluce, který nabízí zobrazení určitých informací, výrobních komponent nebo přímo virtuálního modelu popídaného výrobku v reálném prostředí a v reálném čase. [53] Tento prvek má dnes vysokou škálu využití v různých odvětví průmyslu (strojírenský, zábavní, výrobní, obchodní oddělení, marketing atd.) [54].

Podstatný vnímatelný rozdíl mezi AR a VR (kapitola 2.2.6) je, že AR je o krok dále, jelikož zasazuje virtuální objekty do reálného pohledu uživatele. Tento pohled je vytvořen pomocí speciálních brýlí či zařízení, díky nimž se naskýtá uživateli pohled, jaký je vyobrazen na obrázku 6. Tyto brýle či zařízení jsou napojeny na IoT a čerpají externí data pomocí CC. Je zde však důležité umět vyselektovat to podstatné, co chceme pomocí brýlí v reálném světě zobrazit, aby se pohled pro uživatele nestal zmatečným kvůli velkému počtu zobrazených objektů a doplňkových informací. [55]

V dnešní době však není potřeba pro využití AR nákup speciálních brýlí. Na současném trhu jsou k dostání aplikace podporované běžnými smartphony. Typickým příkladem pro zábavní průmysl je aplikace Pokémon GO, která byla spuštěna v polovině roku 2016.



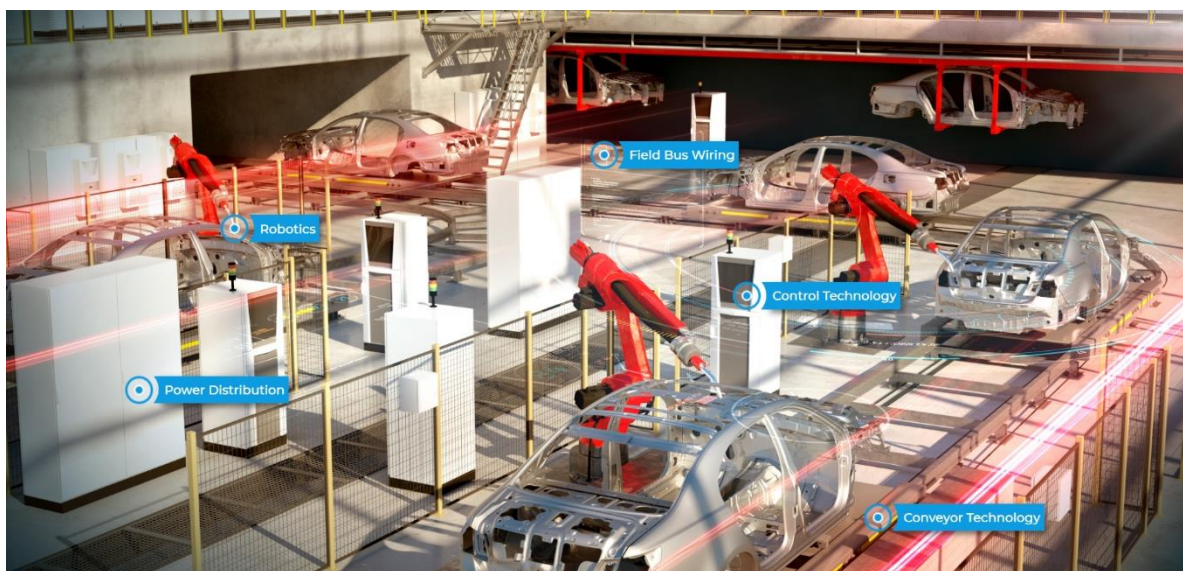
**Obrázek 6** – Rozšířená realita z pohledu uživatele uplatněná v průmyslovém odvětví [56]

**Virtuální realita** (Virtual Reality – VR) je charakterizována jako vysoce špičkové uživatelské rozhraní [57] poskytující uživateli obrázek reality, která ho natolik pohltí, že má pocit, jako by v ní doopravdy byl [58]. Jedná se o simulaci prostředí, které bylo zmapováno několika senzory, a proto je daný uživatel schopen vnímat objekty virtuální reality více smyslovými vjemy (sluch, zrak, hmat) v reálném čase [57]. Pro plné vnímání VR je tedy nutné použití speciálních brýlí, sluchátek či rukavic, které zaručují plný požitek vnímání.

VR je dnes používána za standard při vytváření nových systémů, výrobních cyklů či designů hal a produktů. Při těchto simulacích či modelování je využito tzv. digitální dvojče, které je charakterizováno jako sbírka technických a provozních dat a popisů chování několika simulačních modelů, které se aplikují pro promítnutí reality do virtuálního světa. Digitální dvojče se společně s reálným systémem vyvíjí v čase během celého životního cyklu. Jeho využití je rozsáhlé, a to od řešení potencionálních problémů (optimalizace výroby) po studium vzorců lidského chování (školící proces zaměstnanců).[59]

VR se stejně jako AR uplatňuje v různých odvětví průmyslu, mezi které patří průmysl zábavní i výrobní, ale má také své uplatnění ve zdravotnictví (např. léčení úzkostných poruch) a sportu. Asi nejčastější využití VR spadá do odvětví, kde je toto rozhraní používáno jako tréninkový nástroj. Využití tohoto prvku při tréninkových programech je široké, jelikož nabízí mnoho benefitů, mezi něž patří školení personálu v reálných scénářích, které zahrnují rovněž i scénáře katastrofického rázu (tzn. školení personálu v krizových situacích). Zároveň se takto pojaté školení stává pro zaměstnance zajímavější, zábavnější, mají sklony k vyšší retenci a účast na takovýchto typech školení je vyšší než na běžných školeních v zasedacích místnostech. [60]

Ve výrobním průmyslu se VR využívá pro optimalizaci výrobního procesu (spuštění poloprovozu ve VR), což vede k vyšší kvalitě výrobku, snížení nákladů, zkrácení výrobní doby a zároveň k vyšší bezpečnosti práce. VR se často v průmyslu používá pro návrh nového designu produktů (automobilová společnost BMW, letecká společnost Boeing). Další z mnoha využití najde VR ve stavebnictví ve spojitosti s průmyslem, kdy samotný zadavatel projektu se může na výstavbě nové výrobní haly aktivně podílet. Virtuální návrh takovéto haly (obrázek 7) vede k nastavení vyšší ergonomičnosti, upřesnění všech aspektů pro výstavbu výroby, a to vše proto, aby se výrobní proces stal co nejefektivnější a nejbezpečnější. [61]



**Obrázek 7** – Virtuální prohlídka výrobní haly automobilového průmyslu od společnosti EPLAN [62]

### 2.2.7. Aditivní výroba

Aditivní výroba (Additive Manufacturing – AM) často také označována jako 3D tisk, je charakterizována jako proces vytváření konkrétního modelu spojováním tenkých vrstev materiálu na sebe. Mezi nejčastější materiály používané pro AM patří plast, kov a keramika. Tento proces probíhá pomocí zařízení s robotickým ramenem nazývané 3D tiskárna. Výstupem výroby jsou objekty, které byly vytvořeny z návrhu digitálního 3D modelu. Tento způsob výroby bez použití jakýchkoli jiných nástrojů kromě zmíněné 3D tiskárny je označován jako velice efektivní z hlediska flexibility designu, spotřeby energie a času. [63]

Avšak jedna z hlavních výhod, kterou AM průmyslovým výrobám přináší, je schopnost vytvoření modelu složitých geometrických tvarů, který by nebylo možné vytvořit jinými výrobními prostředky. Tato výhoda znamená naprostou volnost při tvorbě designu finálních výrobků, v tomto případě 3D modelů, pro designové oddělení podniku. Mezi další výhody AM patří možnost výroby přímo funkčních dílů bez potřeby jakéhokoli montážního procesu (úspora času a nákladů) a šetrnost k ŽP díky možnosti využití recyklovaného materiálu a minimální spotřebě chemikálií pro výrobu. [64]

Aditivní výroba zajišťuje vysokou flexibilitu výrobního procesu zejména v automobilovém průmyslu, kterému zajišťuje zkrácení dodací lhůty výrobku na trh bez významného dopadu na vynaložené náklady. AM se zde projevila jako nejslibnější možnost pro rychlou reakci na měnící se požadavky automobilového trhu. [65] AM se dále uplatňuje i v leteckém průmyslu při výrobě leteckých komponent, a především ve zdravotnictví pro tvorbu medicínálních implantátů a náhrad [64].

## 3. Specifické oblasti a dopady Průmyslu 4.0

### 3.1. Chemistry 4.0

V dnešní době je čtvrtá průmyslová revoluce již velice diskutovaným fenoménem ve všech průmyslových odvětvích. Vzhledem k tomu, že chemický průmysl je jedno z klíčových odvětví, které čítá okolo 20 miliónů zaměstnanců na celém světě, nástup čtvrté průmyslové revoluce, která stojí na základě automatizace, digitalizace a robotizace světových výroby, se tohoto průmyslového sektoru také dotýká. [66]

V minulém století byl chemický průmysl ten, který byl v popředí při zavádění automatizace a nových technických i technologických prvků do průmyslových odvětví. Avšak v roce 2016 se na každoročním veletrhu v Hannover ukázalo, že dnešní role chemického průmyslu na světovém trhu je zcela odlišná. Chemický průmysl již nestojí v popředí technologického pokroku, jak tomu bylo dříve. Hlavním důvodem je, že výrobní společnosti, které do tohoto odvětví spadají, jsou rozděleny na dvě velice odlišné skupiny. První skupina zahrnuje chemické podniky, které do své výroby odmítají zavádět jakékoliv inovace či nejmodernější prvky Průmyslu 4.0 a drží se pouze tradičních výrobních technologií. Proti nim však stojí druhá skupina, která se skládá z podniků chemického průmyslu, které jsou naopak vysoce otevřeny novým inovacím a implementaci nejnovějších prvků čtvrté průmyslové revoluce, aby tak byly schopny konkurovat neustále se rozrůstajícímu čínskému trhu. [67]

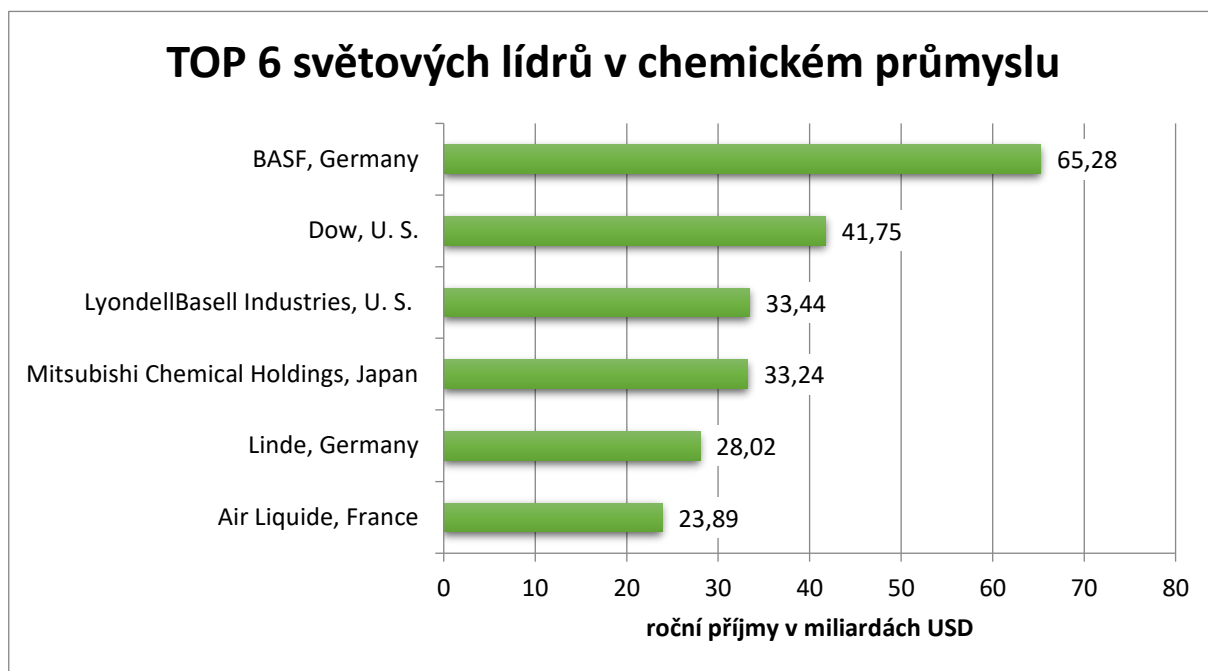
Na rozdíl od ostatních průmyslových odvětví je inovační cyklus v chemickém průmyslu o poznání delší. Důraz se zde klade především na robustnost a spolehlivost zaváděné inovace, na rozdíl od jiných průmyslových odvětví, které pocítují neustálý nátlak ze strany zákazníků a tím se jejich inovační cyklus značně zkracuje. [66] Teoreticky lze rozdělit inovativní chemické podniky na dvě skupiny. V jedné skupině najdeme ty kteří prvky Průmyslu 4.0 využívají primárně ke zvýšení produktivity a snížení rizikovitosti, ve skupině druhé pak ty, jejichž pozornost při zavádění prvků je kladena především na vytváření přírůstkových výnosů a generování nových příjmů. Obecně lze zvyšovat produktivitu a zároveň snižovat riziko zaváděním jednotlivých prvků čtvrté průmyslové revoluce do podnikové infrastruktury a tím budovat inteligentní továrnu s prvky chytrého dodavatelského řetězce (Smart Supply Chain – SSC). Pro dosahování finančních cílů, jako je vytváření přírůstkových výnosů nebo generování nových příjmů, je vhodné zavádět produkci inteligentních produktů, popř. služeb, a vytvářet vysoké investice v oblasti výzkumu a vývoje. [68]

Prvků Průmyslu 4.0, které jsou zaváděny do světových chemických továren, je mnoho. Nejčastěji však mluvíme o využití digitálních dvojčat, a to především při vytváření nového provozu, zavedení nových změn v rámci výrobního oddělení, návrhu nového produktu či při školení personálu pro nový provoz. Z hlediska bezpečnosti je digitální dvojče v chemickém průmyslu velice oblíbené, jelikož díky vysoké kvalitě virtuální simulace lze celý provoz optimalizovat dříve, než vůbec fyziky vznikne. VR a AR jsou velice populárními prvky, jelikož člověku dovolují vstoupit do kterékoliv fáze vývoje vznikajícího či stálého provozu a tím odstranit chyby dříve, než vůbec vzniknou. To vše díky pokročilým systémům 3D vizualizace. [66]

Dalším hojně využívaným prvkem je BI, která využívá Big Data k dalšímu zpracování (analýzy, poskytování při vzájemné komunikaci mezi CPS atd.). Díky těmto dvěma prvkům je možné řídit celý provoz tak, aby byl zcela efektivní, bezpečný a flexibilní na základě výměny obrovského množství dat v reálném čase. Senzory, které jsou přítomny po celý proces výroby, měří teplotu, tlak a průtok a na základě sesbíraných dat jsou následně schopny predikovat blížící se údržbu výrobního zařízení (výměna filtru, mazání stroje, potřeba antikorozního nátěru atd.) nebo blížící se havárii. Pokud systém vyhodnotí na základě provedených analýz, že se blíží doba údržby či výměny opotřebované součástky, pošle zprávu údržbě, která zajistí její včasnou opravu či výměnu, aby se předešlo havárii. [66]

Oblast, která se v posledních letech dostává v rámci inovací spojených s Průmyslem 4.0 výrazně do popředí, je budování lepších vztahů se zákazníky právě díky zavedení prvků čtvrté průmyslové revoluce. Zákazníci dnes přesně vědí, co chtějí, a chtějí to nejlépe ihned. Z tohoto důvodu se každý světový podnik snaží o co největší zkrácení cyklu pro vývoj nových produktů. Chemický průmysl často zastupuje dodavatele surového materiálu (plasty, vlákna atd.) či polotovary do světových továren spotřebního zboží (oblečení, obuv, koželužství atd.) v rámci SSC. Tato skutečnost přispívá k tomu, že zde roste nátlak ze strany odběratelů materiálu a tím roste i nátlak na postupnou automatizaci, digitalizaci a robotizaci chemických podniků, které díky těmto inovacím výrazně zkrátí dobu dodání požadovaného produktu. Avšak chemický průmysl nepůsobí v rámci SSC pouze jako dodavatel poloproduktů či materiálu pro další zpracování. Na světovém trhu je mnoho chemických podniků, které nabízejí své produkty přímo zákazníkům ke konečné spotřebě a tím na ně roste nátlak přímo od konečných zákazníků. Jako příklad lze uvést jednoho z největších producentů barev Asian Paints, který sídlí v Indii. Tato společnost zavedla na svých internetových stránkách možnost objednávky personalizovaného výrobku, kde je poskytnuta možnost tvorby vlastního barevného odstínu z různé palety barev. Pro každou objednávku je zde vytvořen speciální RFID čip, který

zaznamenává celý proces výroby a komunikuje zde s jednotlivými výrobními linkami. I přes to, že je každá objednávka schopna vysoké personalizace, celková výroba je pro provozovatele nákladově vysoce efektivní. Zároveň se tato společnost stává velmi flexibilní a atraktivní na světovém trhu. [69]



**Graf 2** – TOP 6 světových lídrů v chemickém průmyslu (autor na základě [71])

Mezi světové lídry pro zavádění nových technologií v rámci chemického průmyslu patří německá společnost BASF. V roce 2017, kdy její příjmy činily ročně 69,2 miliard USD, investovala společnost do výzkumu a vývoje cca 3 % z celkových příjmů, tj. 2,08 miliard USD. [70] Dnes společnost BASF čítá roční příjmy v hodnotě asi 65,28 miliard USD, čímž nechává daleko pozadu americkou společnost Dow, která obsazuje druhé místo v žebříčku s ročními příjmy 41,75 miliard USD. Jak můžeme vidět na grafu 2, chemické podniky z evropského prostředí hrají významnou roli na světových příčkách a jsou významnými konkurenty amerického či asijského trhu.[71]

V České republice je hlavním lídrem chemického průmyslu pro zavádění nových inovací závod Rakona, patřící pod celosvětovou společnost Procter&Gamble, sídlící v Rakovníku. V září roku 2018 byl závod v Rakoně zařazen Světovým ekonomickým fórem mezi 16 světových průkopníků v oblasti technologie a inovace výroby a označen „Pokročilým průkopníkem čtvrté průmyslové revoluce“. Tímto titulem se pyšní díky úspěšnému zavedení

několika prvků Průmyslu 4.0 napříč celým podnikem, po čemž společnost zaznamenala především tyto změny spojené s výrobním oddělením [72]:

- větší spolehlivost výrobních procesů – kontrola na úrovni CPS (komunikace M2P);
- menší počet manuálních kontrol kvalit výrobků – kontrola na úrovni CPS (senzory);
- významné omezení prostojů v rámci výrobního procesu;
- nadále nedochází k výpadkům zásobování – vertikální propojení s dodavatelem surovin;
- nárůst produktivity o 160 %;
- zlepšení spokojenosti spotřebitelů o 116 %;
- snížení celkových nákladů závodu o 20 %.

### **3.2.Smart Supply Chain**

Dodavatelský řetězec (Supply Chain – SC) je charakterizován jako vzájemně propojené sítě prostřednictvím na sebe navazujících vazeb v různých procesech a činnostech, které dohromady vytvářejí hodnotu ve formě produktů a služeb dodávaných konečnému spotřebiteli. SC je často definován ve spojení s jeho řízením jako Supply Chain Management (SCM), což je vědní disciplína zabývající se řízením dodavatelského řetězce [73]. Dnešní podoba SC se však začíná významně měnit, a to převážně v důsledku zavedení digitalizace a AM do výrobních oddělení společností. [74]

Přízvisko „chytré“ či „inteligentní“ získává ve spojení se čtvrtou průmyslovou revolucí mnoho prvků, které s probíhající revolucí souvisí. SSC je termín, který vznikl již před dvěma desetiletími, a je charakterizován především zavedením několika prvků Průmyslu 4.0 jako je CC, AI, AM, BI. SSC je často také propojován se sociálními sítěmi, odkud čerpá potřebná data (Big Data), která jsou následně zpracovávána pro použití v oblasti SC. [75] Budoucí změny, které se SC týkají, postihnou zejména logistické společnosti, jelikož fyzická přeprava zboží by se do budoucna mohla stát nadbytečnou v důsledku přenosu digitalizovaných dat pro AM [74]. Je však jisté, že bude stále nezbytná úzká spolupráce mezi dodavatelem a odběratelem na základě sdílení společných dat, aby dodávka byla realizována ve správný čas a na správné místo [75]. Tím se zabrání tomu, aby nevznikaly zbytečně velké skladové zásoby.

Ve spojení se SSC se předpokládá vyšší flexibilita informačních systémů, aby mohl vzniknout flexibilnější SC, který je schopen okamžité reakce na měnící se prostředí globálního

trhu. S nárůstem složitosti požadavků vytvářených na SC začalo mnoho společností do této oblasti investovat a snaží se o vytvoření databáze, kde budou propojeny informace o jejich fyzické kapacitě s digitální infrastrukturou. Dříve bylo oddělení SC ve firmě vnímáno jako ta část, která pouze plní prosté úkoly dopravy z místa na místo. Dnes je budování SSC považováno za nezbytnou konkurenční výhodu. [76]

### **3.3. Kybernetická bezpečnost**

S využitím všech prvků, které čtvrtá průmyslová revoluce přináší, přichází také nutnost posílení kybernetické bezpečnosti napříč vnitropodnikovými systémy. Kybernetická bezpečnost hraje v postupně digitalizovaném světě neodmyslitelně důležitou roli, do které by měl každý podnik začít co nejvíce investovat, jelikož počet případů kyberneticky napadených společností meziročně stále přibývá. [77]

Mezi největší oblast v rámci kybernetické bezpečnosti patří bezpochyby zabezpečení dlouhých hodnototvorných řetězců, které se u výrobních společností často vyskytují [78] a jsou daleko zranitelnější než tradiční podnikové systémy [77]. Každá společnost, která vlastní výrobní oddělení, generuje každou minutu stovky dat [78]. Tato data se v podniku shromažďují a následně slouží ke kontrole kvality a jiným vnitropodnikovým analýzám, tzn. jsou velice důležitá pro správný chod celé společnosti [79]. S rostoucí digitalizací všech dat je spojena hrozba porušení důvěrnosti, integrity a také dostupnosti výstupních dat ve výrobních společnostech. Tato data jsou tříděna pomocí BI, avšak pouze některá z nich mají pro podnik opravdový význam a stávají se informacemi (kontrolní parametry, kusovníky, design výrobku atd.). A právě u těchto informací je kybernetická bezpečnost nejdůležitější. [78]

Potencionální poškození způsobené kybernetickým útokem vede k narušení podnikové kontinuity, ztrátě informací, dat a v neposlední řadě k poškození pověsti výrobní společnosti. Naléhavost na kvalitu kybernetického zabezpečení den ode dne vzrůstá. Hlavní problém však často nastává v tom, že profesionálové z řad IT specialistů nedokážou kroky spojené s kybernetickou bezpečností učinit relevantními a pochopitelnými i pro netechnickou část podnikových pracovníků. Z tohoto důvodu také vzrůstá zájem o najímání externích platforem (např. CC), které zaručují kybernetickou bezpečnost jako součást balíčku nabízených služeb. Poptávka však vzrůstá také po externích firmách, které najímají IT specialisty a zaručují podnikům správu zabezpečení dat a informací, které jsou v podniku generovány. [79]

### **3.4. Sociální a environmentální dopady konceptu Průmysl 4.0**

Je potřeba zdůraznit, že termín Průmysl 4.0 označuje radikální změny nejen v průmyslovém odvětví, ale také v sociální a environmentální oblasti. Způsobuje zásadní proměnu dosavadního trhu práce, mění vzhled nynějších měst a jejich součástí a má zásadní podíl na minimalizaci dopadu na ŽP. [80]

#### **3.4.1. Trh práce**

V případě, že chceme dosáhnout plně automatizovaných, robotizovaných a digitalizovaných továren, dojde k tomu, že trh práce se začne významně měnit. Dosud známa pracovní místa začnou ubývat, a naopak nová začnou přibývat. Dojde ke kompletní proměně profilu požadovaných pracovníků. Zároveň vzroste poptávka po vysoce kvalifikovaných pracovnících pro správu a vývoj nových technologií, kterých je nyní na trhu nedostatek. [80] Budoucí pracovní trh bude požadovat zaměstnance, kteří budou ochotni se přizpůsobit. Vlastnosti jako je flexibilita, kompetentnost, kreativita nebo ochota rozvoje vlastních schopností a dovedností budou vítanou předností. Na místě bude i celoživotní vzdělávání. [81] Se vzdělaností pracovní síly souvisí i formování budoucího školství, jehož osnovy budou muset projít význačnou reformou učiva. Spolupráce mezi příslušnými vzdělávacími institucemi (základní školy, střední školy, odborná učiliště, vysoké školy atd.) a průmyslovými podniky bude nezbytná pro výchovu kvalifikovaných pracovníků, kteří na budoucím trhu práce najdou uplatnění. [82] Prosperita každé země vždy závisela na vzdělanosti tamního obyvatelstva a v budoucnu tomu nebude jinak. Vzdělání toho správného typu bude na budoucím trhu práce velice cennou komoditou, kterou ne každý bude moci nabídnout. [83] Dnes mluvíme povětšinou o věkové kategorii nad 50 let věku, která pociťuje největší mezigenerační rozdíl ve vývoji technologií a obecně nedisponují velkými digitálními schopnostmi. Tito lidé jsou nejčastějšími zástupci sociálně-demografické skupiny, která má problém najít si pracovní místo na současném pracovním trhu. [81]

Obecně však panuje neshoda v představách, jak budoucí trh práce bude vypadat. Jedna skupina se přiklání k názoru, že vznikne obrovská nezaměstnanost, na níž započne kolabovat světová ekonomika [84]. Vínou na takto obrovské nezaměstnanosti, nebo řekněme spíše nezaměstnatelnosti obyvatelstva, budou mít prvky Průmyslu 4.0 zavedené ve světových výrobcích (především automatizace a robotizace v kombinaci s AI) [85]. Předpokládá se zánik minimálně 10 % dosud běžných pracovních míst, kdy pracovníci budou nahrazováni na

rutinních pracovních pozicích robotickými systémy [82]. Druhá strana se však přiklání k názoru, že v důsledku ztráty zaměstnání bude těmto lidem nabídnuta rekvalifikace na jiná, nově vznikající pracovní místa. Tím pádem přibude mnoho rekvalifikovaných průmyslových pracovníků, kteří se budou starat o správný chod inteligentní továrny. Avšak hlavním problémem, který v dnešní době v průmyslu pozorujeme, je fakt, že továrny se snaží své nynější pracovníky pomocí automatizace procesů spíše nahrazovat, než aby je rekvalifikovali na jiná pracovní místa. Toto se děje převážně z důvodu snížení mzdových nákladů, které plynou z nahrazování pracovníků robotickými systémy. [84] Tato situace však nenastává všude. Některé průmyslové podniky naopak vítají zaměstnance jakéhokoli vzdělání a nabízí jim potřebnou rekvalifikaci na příslušná pracovní místa. To vše na vlastní náklady, aby si své zaměstnance vychovaly dle vlastních představ. [82]

V chemickém průmyslu, i přes zavádění prvků čtvrté průmyslové revoluce, je neustále pocíťován nedostatek pracovníků s nízkou i vysokou kvalifikací. Tyto podniky nabízejí svým potencionálním zaměstnancům vzdělávání formou webinářů, přednášek, školení pomocí VR, konferencí či odborného vzdělání v určitém oboru. Kvůli nedostatku pracovníků, kteří jsou potřebně kvalifikováni či jsou ochotni se dovzdělat, nastává trend v najímání specializovaných personálních agentur pro vyhledávání nových pracovníků tuzemských či zahraničních. [82]

### **3.4.2. Životní prostředí**

V dnešním vysoce konkurenčním prostředí zavádí mnoho výrobních společností jednotlivé prvky spadající pod koncept Průmysl 4.0. nejen z důvodu vytváření efektivnějšího hodnototvorného řetězce, úspore nákladů a snížení pracovních rizik [86], ale také za účelem snížení dopadů na ŽP. Směr, kterým se vydává vývoj nových technologií, dává výrobním společnostem možnost mít vysoký podíl na kontrole spotřeby energie, množství a podoby odpadních látek, ale i řízení celého životního cyklu produktu a tím i na ochraně ŽP [87]. Je více než jasné, že většina výrobních podniků, zejména chemických výrobních podniků, stojí za hlavním znečištěním vzduchu, půdy a podzemních i povrchových vod [86]. Průmysl 4.0 představuje úplně nové možnosti na ochranu ŽP hlavně díky zavádění nejnovějších ICT, které přinášejí možnost minimálního nebo dokonce nulového dopadu na životní prostředí během výrobního procesu [88].

Nyní stojí naše civilizace před velkou výzvou, která se týká obstarání dostatečného množství čisté vody a vzduchu, jídla, energií a zachování si určitého životního standardu

(zdravotnictví, vzdělání, čistota atd.). Toto všechno bude v budoucnu možné jen pod podmínkou neustálého snižování ekologického znečištění až na možné minimum. [88]

Ochrana ŽP jde ruku v ruce s bezpečností výrobních procesů. Pokud je výrobní společnost schopna dostatečně zabezpečit výrobní proces, aby nedošlo k nechtěným únikům či haváriím, a následně zacházet s odpadními látkami dle zavedených vládních předpisů, můžeme považovat tento proces za ekologicky příznivý. Avšak skutečnost, že výrobní procesy by měly být co nejbezpečnější a zároveň co nejméně odpadové (tzn. měly by splňovat ještě přísnější normy, než udávají zákony), zajišťují právě nejmodernější ICT a prvky Průmyslu 4.0, které umožňují výrobním společnostem minimalizovat produkci odpadních látek. Odpadní látky zde díky novým technologiím buďto vůbec nevznikají, jsou dále zpracovávány v sekundárních výrobních procesech, nebo je možná jejich recyklace. [89]

Do vyprodukovaného odpadu se počítají nejen odpadní látky uvolněné při procesu výroby, ale také obaly, v nichž jsou produkty převáženy či prodávány konečným spotřebitelům. Z tohoto důvodu mluvíme ve spojení s konceptem 4.0 o tzv. materiálech 4.0. Vzhledem k tomu, že je na udržitelné obalové materiály kladen v dnešní době čím dál větší důraz, rostou zde požadavky na designové oddělení výrobků ve světových výrobních podnicích. Avšak navrhnutí takovýchto obalových materiálů, které by byly atraktivní z hlediska designu, funkční, zdravotně nezávadné a zároveň splňovaly podmínku udržitelnosti (tzn. kompostovatelnost, nekonečná recyklovatelnost atd.), je pro světové podniky velmi těžký úkol. Nejde totiž pouze o návrh takového obalu z materiálu 4.0, ale zároveň také jeho cenovou dostupnost. Tyto podmínky jsou v dnešní době kladeny téměř na každé výrobní odvětví. [90]

Jak již bylo v této práci zmíněno, se zavedením prvků Průmyslu 4.0 je neodmyslitelně spjata téma CE (kapitola 1.1.1), která bude mít význačný vliv právě při ochraně ŽP. Předmětem CE je změna současného pohledu na využití materiálních toků tak, že je zacyklíme. Tímto způsobem zajistíme, že současná ekonomika se stane udržitelnější. Pomocí cirkulace materiálu význačně prodloužíme dobu využití těchto surovin a to tak, že zajistíme jejich opakovatelnou použitelnost. Zbavíme se tedy tzv. jednorázových materiálů (plasty), což bude mít významný dopad na světovou ekonomiku, ale především na ŽP, které bude díky tomu méně zatěžováno. [91] V současné době se ŽP potýká s několika zásadními problémy, mezi které patří především ztráta biodiverzity, klimatické změny, znečištění vody, ovzduší a půdy a vyčerpání zdrojů. Tyto problémy jsou pro naši další existenci na této planetě velice zásadní, a proto je třeba je co nejdříve začít řešit. Jedním z mnoha řešení této alarmující ekologické situace je právě zmiňovaná CE, která nejenže sníží poptávané množství nově vytěžených či vyrobených surovin, ale zároveň sníží množství odpadu, které meziročně neustále narůstá. [92] Předpokládá

se, že do roku 2025 bude dosaženo produkce 2,2 miliardy tun celosvětového odpadu, což je asi o 900 miliónů tun více, než tomu bylo v roce 2015 [93].

## **4. Implementace prvků Průmyslu 4.0 v chemických podnicích – praktická část**

Praktická část této práce se zabývá mírou podvědomí a stavem implementace prvků Průmyslu 4.0 v chemických podnicích. Zároveň bylo zjišťováno, zda a z jakých důvodů jsou chemické podniky zapojeny do integrovaného odběratelsko-dodavatelského řetězce, zda pocítily potřebu posílení kybernetické bezpečnosti ve spojitosti s Průmyslem 4.0 a jaké sociální či environmentální dopady již zaznamenaly nebo teprve očekávají.

Pro výzkum byl rozeslán elektronický dotazník, který byl sestaven na základě předchozí rešerše. Dotazník byl vytvořen pomocí volně dostupného internetového online nástroje pro tvorbu dotazníků Survio.

### **4.1. Metodika výzkumu**

Dotazníkové šetření probíhalo pomocí elektronického dotazníku rozděleného do pěti základních částí a části úvodní. V úvodní části byli respondenti seznámeni se záměrem dotazníkové šetření a stručnými informacemi charakterizující několikrát skloňovaný pojem Průmysl 4.0. V úvodu byli respondenti dále obeznámeni s pokyny pro vyplnění dotazníku, které obsahovaly také upozornění o možném vyplnění více odpovědí u některých otázek, a možnosti volných odpovědí do přiložených textových polí, které budou pro tento výzkum cenným zdrojem informací. Dále zde bylo vyjmenováno pět témat, kterými se dotazník ve svém znění postupně zabývá. V neposlední řadě zde byl zdůrazněn příslib anonymity, který bude v následujících kapitolách dodržen.

První část dotazníku byla věnována obecnému dotazování o stavu implementace prvků Průmyslu 4.0 a dále se zaměřovala taktéž na důvody, které podnik k implementaci vedly. V této části mohli respondenti nalézt ihned ze začátku tabulku, která obsahovala výčet jednotlivých prvků s cílem zjistit podvědomí podniku o těchto prvcích ještě před tím, než bude respondent tázán o stavu jejich zavedení v podniku. Dále se zde vyskytovaly otázky spojené se zaznamenáním přínosů a problémů/překážek s implementací spojených.

Druhá část dotazníku se zabývá problematikou napojení podniků do integrovaného dodavatelsko-odběratelského řetězce neboli SC a dalším tématem neodmyslitelně s čtvrtou průmyslovou revolucí spjatým – stavem kybernetické bezpečnosti (zde se jednalo z důvodu citlivosti informace o nepovinnou otázku).

Třetí část dotazníku se týkala dotazování respondenta ohledně sociálních dopadů Průmyslu 4.0 na podnik. Otázky v této části zahrnovaly zejména oblast požadované kvalifikace, resp. rekvalifikaci, podnikových pracovníků a poznatky podniku ohledně zániku pracovních pozic v souvislosti s Průmyslem 4.0. Vzhledem k současné situaci, kdy jsou v souvislosti s pandemií COVID-19 a hygienickými opatřeními omezovány či kompletně uzavírány jednotlivé podniky, byla v této části zahrnuta otázka týkající se zaznamenání posunu podniku k využívání moderních technologií, které umožňují standardní chod podniku a zároveň ochranu podnikových pracovníků.

Cílem čtvrté části dotazníku bylo zjistit, jaký vztah má daný podnik k zavádění principů CE a jednotlivých prvků Průmyslu 4.0 v souvislosti se ŽP. Otázky zde cílily na problematiku obalů a druhy šetrné technologie, kterou podnik využívá.

Pátá část byla zaměřena na identifikaci respondenta a podniku, v němž působí. Jednalo se o zjištění právní formy a oboru podnikání podniku, počtu pracovníků a pracovních pozic kompetentní osoby, která dotazník vyplňovala. To vše s příslibem anonymity, která bude v následujících kapitolách dodržena.

Jako základní soubor byly vybrány výrobní podniky, které byly členy Svazu chemického průmyslu. Počet podniků, které odpovídaly stanoveným kritériím bylo 67 a pouze 8 z nich navrátilo dotazník vyplněný. Data z těchto dotazníků byla následně zpracována v následující kapitole. Z hlediska příslibu anonymity budou získaná data prezentována pod názvy „podnik“ či „respondent“ s číslem označení 1-8. Tento soubor nelze označit za reprezentativní.

Dotazník byl formou emailové komunikace rozeslán kompetentním osobám jednotlivých podniků dne 22. 4. 2021 a po týdenním intervalu znovu rozeslán jako zdvořilé připomenutí a požadavek o vyplnění. Zároveň zde bylo zdůrazněno datum 6. 5. 2021 jako nejzazší termín, kdy je možnost dotazník vyplnit. Respondentům byla tedy dána čtrnáctidenní lhůta pro vyplnění.

## 4.2. Vyhodnocení výsledků dotazníků

### 4.2.1. Vyhodnocení dotazníku podniku 1

Podnik 1 v době výzkumu spadl z hlediska počtu pracovníků do sektoru malých podniků. Jedná se o společnost s ručením o mezením, která se zabývá chemickou výrobou barev, laků, tmelů a lepidel, tedy čistě chemickou výrobou. Za podnik 1 vyplňoval dotazník pracovník vykonávající pracovní pozici technologa.

Management podniku 1 není obeznámen s problematikou Průmyslu 4.0, ale má v podvědomí některé prvky, které se Průmyslu 4.0 týkají – jedná se o prvky CC, digitalizace, 3D tisk a shromažďování a analýza velkých dat pomocí BI. Z těchto prvků byly v podniku již zavedeny CC, digitalizace a BI, a to v oddělení marketingu, personálním a administrativě. V dalších odděleních jako je vývoj a výzkum, nákup, výroba, prodej, skladování, údržba, odpad a kontrola kvality výrobku hodlá podnik investovat do zavedení prvků Průmyslu 4.0 v horizontu následujících pěti let.

Veškeré prvky zde byly zavedeny pod nátlakem mateřské společnosti, která inovace iniciovala, s čímž jsou dle respondenta 1 také spojeny překážky, které okomentoval takto: „Vše se zajišťuje v zahraničí od mateřské společnosti a my nemáme moc šancí do toho mluvit, navíc vše trvá velmi dlouho.“ Jako hlavní přínos, který podnik 1 s implementací prvků Průmyslu 4.0 zaznamenal jsou dostupnější data.

Podnik 1 není součástí integrovaného SC. V souvislosti se zavedením prvků Průmyslu 4.0 zaznamenal potřebu posílení kybernetické bezpečnosti. I přes to, že výčet zavedených prvků v podniku 1 nebyl velký, vnímá podnik nedostatek kvalifikovaných pracovníků v souvislosti s fenoménem Průmysl 4.0 na pracovním trhu, a to zejména specialistů v oblasti kybernetické bezpečnosti. Podnik 1 nezaznamenal zánik žádné pracovní pozice v souvislosti s tímto konceptem. Zároveň nezaznamenal ani žádný posun k moderním technologiím v souvislosti s celosvětovou pandemií COVID-19.

Podnik 1 není obeznámen s pojmem CE, i přes to však využívá u problematiky jako je výroba produktů, logistika/doprava a údržba nějakou metodu recyklace nebo znovupoužití. Avšak žádná z těchto metod není přímo spjata s Průmyslem 4.0. Podnik 1 sice nevyužívá pro primární obaly výrobků materiál 4.0, ale v horizontu pěti let tuto inovaci plánuje zavést.

#### 4.2.2. Vyhodnocení dotazníku podniku 2

Právní forma podniku 2 je společnost s ručením omezeným a v době výzkumu spadal do kategorie velkých podniků s více jak 250 pracovníky. Jako obor podnikání uvedl respondent 2 výrobu výbušnin, což je kombinace průmyslu chemického a strojního. Za podnik 2 vyplňoval dotazník pracovník na pozici manažer modernizace technologií.

Management podniku 2 je obeznámen s problematikou konceptu Průmyslu 4.0 a má podvědomí kromě CPS o všech prvcích, které byly v dotazníku uvedeny (VR, AR, IoT, CC, AI, digitalizace, digitální dvojče, 3D tisk, robotizace, BI). Z vyjmenovaných prvků již je v podnikové praxi respondenta 2 uplatňována digitalizace, robotizace a 3D tisk, a to v odděleních jako je výzkum a vývoj, nákup, výroba nebo skladování. U ostatních oddělení, které byly v dotazníku zmíněny plánuje podnik 2 zavést prvky Průmyslu 4.0 v horizontu pěti let. Prvky zde byly zavedeny převážně za účelem lepší konkurenceschopnosti podniku 2 na globálním trhu a zlepšení vnitropodnikových procesů, jako je bezpečnost práce, rychlost výroby, nedostatek pracovníků atd. Jako hlavní přínos zavedení prvků průmyslu 4.0 vnímá respondent 2 minimalizaci papírově vedených procesů, za což je zodpovědná především digitalizace, a zvýšení ekonomických přínosů podniku. Naopak jako problém či překážku spojenou s Průmyslem 4.0 uvádí respondent 2 nedostatečnou kvalifikaci pracovníků v provozu a nedostatečné finance na nové investice spojené s tímto konceptem.

Podnik 2 je součástí integrovaného SC a jako hlavní výhodu tohoto propojení vnímá zvýšení konkurenceschopnosti podniku a skutečnost, že podnikový kapitál není uložen v přebytečných skladových zásobách. Na otázku ohledně kybernetické bezpečnosti odpověděl respondent 2, že se zavedením prvků Průmyslu 4.0 zaznamenali potřebu posílení kybernetického zabezpečení.

V otázce sociálních dopadů čtvrté průmyslové revoluce pocítil podnik 2 nedostatek kvalifikovaných pracovníků v oborech s konceptem souvisejících. Jedná se zejména o analytika velkých dat, specialistu na BI, programátora se specializací na technologie Průmyslu 4.0 a specialistu v oblasti kybernetické bezpečnosti. Zároveň podnik 2 zaznamenal zánik některých pracovních pozic v důsledku implementace technologií konceptu. V případě, že je pracovník technologií nahrazen, neposkytuje takovýmto pracovníkům podnik 2 rekvalifikaci a pracovník je propuštěn. V souvislosti s pandemií COVID-19 zaznamenal podnik 2 posun k moderním technologiím, a to zejména v oblasti digitalizace a robotizace podniku, kdy zároveň zaměstnancům poskytuje možnost home office (vzdálený přístup do zaměstnání).

Z enviromentálního hlediska se podnik 2 snaží snížit dopad své výroby na ŽP, a to ekologickou výrobou pyrotechnických složí a elektronizací výbušnin. S pojmem CE je respondent 2 seznámen a její principy podnik využívá zejména pro výrobu svých výrobků. V logistickém oddělení podniku 2 poté využívají nástroje nebo prvky Průmyslu 4.0 pro snížení dopadu na ŽP. S materiálem 4.0 je podnik 2 taktéž obeznámen a jeho předností využívá pro primární obaly svých výrob.

### **4.2.3. Vyhodnocení dotazníku podniku 3**

Podnik 3 v době výzkumu spadal do kategorie středních podniků čítající od 50 do 249 pracovníků. Právní forma podniku 3 je akciová společnost a zaměřuje se na výrobu stavebních materiálů. Za podnik 3 odpovídal v dotazníku pracovník na pozici obchodní ředitel.

Management podniku 3 není obeznámen s problematikou Průmyslu 4.0, ale i přes to má o několika prvcích spadajících do tohoto konceptu podvědomí (VR, IoT, CC, AI, digitalizace, robotizace, 3D tisku a BI) a některé z nich dokonce běžně v podnikové praxi využívá, a to IoT, CC, AI, digitalizaci, robotizaci a BI. Z hlediska toho, v jakém oddělení a z jakého důvodu byly prvky v podniku 3 zavedeny, respondent 3 neodpověděl.

Respondent 3 uvedl, že nejsou součástí integrovaného odběratelsko-dodavatelského řetězce. Zároveň podnik 3 nezaznamenal potřebu posílení kybernetické bezpečnosti v souvislosti se zavedením prvků Průmyslu 4.0.

Dle respondenta 3 nepocítuje podnik 3 nedostatek kvalifikovaných pracovníků v souvislosti se zaváděním moderních technologií spadajících pod zmiňovaný fenomén. V případě, že podnik 3 zavádí nový prvek jsou stávající pracovníci převedeni na nové pracovní místo, o možnosti rekvalifikace takovýchto pracovníků se však respondent 3 nezmínil. V souvislosti s pandemií onemocnění COVID-19 zaznamenal podnik 3 posun k moderním technologiím, konkrétněji však příklad neuvedl.

Podnik 3 nezavádí ve své podnikové struktuře žádnou z environmentálně šetrných technologií Průmyslu 4.0. I přes to, že respondent 3 uvedl, že nemá podvědomí o problematice CE, využívá podnik 3 nějakou metodu recyklace a znovupoužití materiálů v oblasti výroba produktů, energetika a investice do podnikové infrastruktury (budovy, výrobní stroje apod.). Udržitelný obalový materiál (materiál 4.0) hodlá podnik 3 zavádět v horizontu pěti let.

#### 4.2.4. Vyhodnocení dotazníku podniku 4

Z hlediska počtu pracovníků spadá podnik 4 do kategorie středních podniků. Jedná se o společnost s ručením omezením, která se z hlediska oboru podnikání zaměřuje na výrobu vonných a chuťových látek a potravinářských barev. Za podnik 4 odpovídal pracovník na pozici vývojového pracovníka.

Přestože respondent 4 uvedl, že management podniku nemá podvědomí o problematice Průmyslu 4.0, mají podvědomí o prvcích jako je IoT, digitalizace a robotizace, kdy právě poslední dva z uvedených má podnik 4 zaveden v podnikové praxi. Zmíněné prvky byly zavedeny v oddělení administrativy, výroby a personálním. Prvky Průmyslu 4.0 byly v podniku 4 zavedeny za účelem zlepšení vnitropodnikových procesů (bezpečnost práce, rychlost výroby, nedostatek pracovníků atd.) a pod nátlakem koncového zákazníka. Za výhody zavedení výše zmíněných prvků konceptu považuje podnik 4 zlepšení konkurenceschopnosti. Naopak mezi nevýhody začleňuje zvýšení ekonomických nákladů na implementaci prvků čtvrté průmyslové revoluce.

Respondent 4 uvádí, že podnik není součástí integrovaného odběratelsko-dodavatelského řetězce. Z hlediska kybernetické bezpečnosti zaznamenali v podniku 4 potřebu posílení. V souvislosti se zaváděním prvků Průmyslu 4.0 pociťuje podnik 4 nedostatek kvalifikovaných pracovníků, a to zejména v oboru řídicí pracovník výzkumu a vývoje a specialista z oblasti kybernetické bezpečnosti. Podnik 4 nezaznamenal v souvislosti s implementací prvků konceptu zánik jakéhokoli pracovního místa v podniku. Zároveň nezaznamenali posun k moderním technologiím způsobený krizovou situací pandemie COVID-19.

Z hlediska environmentálních dopadů nezavádí podnik 4 žádnou z technologií Průmyslu 4.0, která by snižovala dopad na ŽP a není ani obeznámen s principem CE. Avšak i přes negace, které byly v otázkách snižování dopadů na ŽP podnikem 4 zaznamenány, používá podnik nějakou z metod recyklace či znovupoužití v oblasti výroby výrobků. V podniku 4 nevyužívají materiál 4.0 jako primární obal pro své výrobky a ani to v horizontu pěti let neplánují.

#### **4.2.5. Vyhodnocení dotazníku podniku 5**

Podnik 5 je z hlediska právní formy akciovou společností se zaměřením na výrobu chemických látek a kosmetických výrobků. Z hlediska počtu zaměstnanců se jedná o střední podnik. Za podnik 5 odpovídal na otázky v dotazníku výrobní ředitel společnosti.

Respondent 5 uvedl, že management podniku není obeznámen s problematikou Průmyslu 4.0, avšak má podvědomí o některých z prvků do tohoto konceptu spadajících. Mezi tyto prvky patří VR, CC, AI, digitalizace, robotizace a 3D tisk, z nichž pouze CC je v podniku aktivně zaveden, a to v oddělení personálním, administrativě, nákupu, skladování, prodeje, údržby a kontroly kvality výrobku. Z hlediska důvodu, proč byly prvky v podniku 5 zavedeny neuvedl respondent 5 žádnou odpověď. Taktéž tomu bylo i v otázce přínosů a problémů spojených se zmiňovaným fenoménem.

Respondent 5 uvádí, že podnik není součástí integrovaného dodavatelsko-odběratelského řetězce. Zároveň podnik 5 neznamenal potřebu posílení kybernetické bezpečnosti ve spojení se zavedením prvků konceptu.

V podniku 5 nezaznamenali v souvislosti s implementací nedostatek kvalifikovaných pracovníků a zároveň ani nedošlo k propouštění pracovníků stávajících z důvodu implementace nových prvků čtvrté průmyslové revoluce. Pandemie COVID-19 nijak podnik 5 k zavedení moderních technologií konceptu nepodnítila.

Z hlediska ŽP podnik 5 nezavádí žádné technologie konceptu na snížení dopadů a není ani obeznámen s problematikou CE či používání materiálu 4.0.

#### **4.2.6. Vyhodnocení dotazníku podniku 6**

Podnik 6 spadá z hlediska počtu pracovníků do kategorie středních podniků a právní formou se jedná o společnost s ručením omezením s oborem podnikání v oblasti strojírenské výroby se zaměřením na chemický průmysl. Za podnik 6 vyplňoval dotazník pracovník na pozici projektového inženýra.

Management podniku 6 je obeznámen s problematikou Průmyslu 4.0 a zároveň má podvědomí o všech z uvedených technologiích. Přímo v podniku 6 je většina z těchto technologií také zavedena (CPS, digitalizace, IoT, CC, BI, robotizace, VR, digitální dvojče), a to v oddělení výroby a výzkumu a vývoje. V horizontu pěti let plánuje zavést prvky také v oddělení marketingu, personálním, administrativě, nákupu a skladování. Podnik tyto prvky zavedl zejména z důvodu zlepšení vnitropodnikových procesů, jako je bezpečnost práce,

rychlost výroby, nedostatek pracovníků atd. Jako hlavní přínos implementace zaznamenal podnik 6 zlepšení efektivity procesů a za hlavní překážku považuje finanční náročnost implementace.

Respondent z podniku 6 uvádí, že jejich podnik je součástí integrovaného dodavatelsko-odběratelského řetězce a za hlavní výhody z tohoto propojení vyplývající považuje zvýšení konkurenceschopnosti podniku, sdílení informací napříč SC a rychlost reakce vůči měnícím se tržním podmínkám. Zároveň se zavedením jednotlivých prvků fenoménu zaznamenal podnik 6 potřebu posílení kybernetické bezpečnosti.

Z hlediska sociálních dopadů konceptu Průmysl 4.0 nezaznamenal podnik 6 zánik žádné z dosud potřebných pracovních pozic. Na druhou stranu je zde již nyní zaznamenán nedostatek kvalifikovaných pracovníků, jejichž pracovní pozice úzce souvisí s konceptem čtvrté průmyslové revoluce. Respondent 6 však bohužel neuvedl, u jakých pracovních pozic pociťuje nedostatek pracovníků na trhu práce. Při zavádění jednotlivých prvků Průmysl 4.0 upřednostňuje podnik 6 transfer svých pracovníků na jiné pracovní místo a zároveň jim nabízí možnost rekvalifikace. V souvislosti s onemocněním COVID-19 zaznamenal podnik 6 posun k moderním technologiím souvisejícím s konceptem, opět bohužel nebyl uveden příklad.

V souvislosti s ochranou ŽP nezavádí podnik 6 žádnou z šetrnějších technologií spadajících do Průmyslu 4.0. Na stranu druhou však je respondent 6 seznámen s pojmem CE a jednu z metod spadajících pod CE využívá v oblasti energetiky. I v ostatních oblastech, kam spadá výroba produktů, poskytování služeb, logistika/doprava, údržba, administrativa a investice do podnikové infrastruktury (budovy, výrobní stroje apod.), využívá podnik 6 nějakou metodu recyklace či znovupoužití. Neznámý není podniku 6 ani pojem materiál 4.0, který využívají jako primární materiál pro své výrobky.

#### **4.2.7. Vyhodnocení dotazníku podniku 7**

Podnik 7 je akciovou společností, jejíž obor podnikání spadá pod výrobu biopaliv. Z hlediska počtu zaměstnanců se jedná o střední podnik, tedy podnik od 50 do 249 zaměstnanců. Za podnik 7 odpovídal na otázky pracovník na pozici vedoucí výroby.

Management podniku 7 není obeznámen s problematikou čtvrté průmyslové revoluce, avšak má podvědomí o některých z prvků tohoto konceptu – VR, AR, IoT, digitalizace, digitální dvojče, robotizace a 3D tisk. I přes to, že podvědomí o prvcích v podniku 6 mají, využívají ve své podnikové praxi pouze digitalizaci a další z prvků nemají v plánu prozatím zavádět. Jako

důvody, proč podnik nezavádí více prvků tohoto konceptu, uvedl respondent 7 vysoké náklady spojené se změnou řídicích systémů a nedostatek kvalifikovaných pracovníků.

Respondent 7 uvádí, že není součástí integrovaného odběratelsko-dodavatelského řetězce, přestože vnímá jeho výhody jako je sdílení informací napříč SC a rychlost reakce vůči měnícím se tržním podmínkám. Se zavedením digitalizace v podniku pocítil respondent 7 potřebu posílení kybernetické bezpečnosti.

I přes to, že podnik 7 nezaznamenal zánik některé z pracovních pozic, pocítuje v souvislosti s modernizací výroby nedostatek kvalifikovaných pracovníků, a to především na pracovních pozicích jako je specialista z oblasti elektrotechniky, elektroniky a elektronických komunikací, pracovník v oblasti prediktivní údržby a řídicí pracovník z oblasti výzkumu a vývoje. V souvislosti s celosvětovou pandemií COVID-19 nezaznamenal podnik 7 posun k moderním technologiím konceptu Průmyslu 4.0.

Respondent 7 uvádí, že zavádějí nějakou z technologií Průmyslu 4.0, která napomáhá snižování dopadů na ŽP, kdy jako příklad uvádí: „využití odpadu na produkci bioplynu“. S pojmem CE je podnik 7 seznámen a jejích principů využívá v oblasti výroby výrobků, údržby a investice do podnikové infrastruktury. V oblasti energetiky využívá podnik 7 nějakou metodu recyklace či znovupoužití, která však nepřímo souvisí s problematikou CE a Průmyslu 4.0. Materiál 4.0 podnik 7 pro své výrobky nevyužívá.

#### **4.2.8. Vyhodnocení dotazníku podniku 8**

Právní forma podniku 8 je společnost s ručením omezením, která z hlediska počtu pracovníků spadá do kategorie velkých podniků. Z hlediska oboru podnikání uvádí podnik 8 výrobu a prodej polymerních kompaundů a PES vláken. Za podnik 8 odpovídal na jednotlivé otázky pracovník na pozici vedoucí oddělení investic a projektů.

Management podniku 8 je obeznámen s problematikou čtvrté průmyslové revoluce a zároveň má podvědomí o všech prvcích konceptu Průmysl 4.0 zmíněných v dotazníku. Mezi prvky, které již v podniku 8 byly zavedeny patří digitalizace, CC, BI, robotizace, AR a digitální dvojče, a to v oddělení výroba, skladování a údržba. V ostatních odděleních hodlají prvky zavést v horizontu pěti let. Prvky Průmyslu 4.0 byly v podniku 8 zavedeny z důvodu zlepšení vnitropodnikových procesů (bezpečnost práce, rychlost výroby, nedostatek pracovníků atd.) a zlepšení konkurenceschopnosti podniku. Jako hlavní přínos zavedení prvků tohoto konceptu vnímá respondent 8: „vyšší efektivitu výrobních a logistických procesů“. Hlavní překážku/problém spojený s implementací podnik 8 zatím nezaznamenal.

Respondent 8 uvádí, že jsou součástí integrovaného odběratelsko-dodavatelského řetězce a mezi hlavní výhody tohoto propojení řadí zvýšení konkurenceschopnosti podniku a zrychlení zákaznického servisu a vyřízení objednávek. Se zavedením prvků podnik 8 zaznamenal potřebu posílení kybernetické bezpečnosti.

Podnik 8 prozatím nepocit'uje nedostatek kvalifikovaných pracovníků v souvislosti s tímto fenoménem a zároveň ani nezaznamenal zánik některé z dosud obsazovaných pracovních pozic při zavedení prvků konceptu. Jednotlivým pracovníkům je v případě zájmu nabídnuta rekvalifikace. V souvislosti s celosvětovou pandemií COVID-19 zaznamenal podnik 8 posun k využívání moderních technologií konceptu, a to realizací online konferencí a virtuálního stánku.

Podnik 8 nezavádí ve své podnikové struktuře žádnou z technologií čtvrté průmyslové revoluce, která by primárně napomáhala snižování dopadů na ŽP. S problematikou CE je podnik 8 obeznámen, avšak její principy v podniku nevyužívají. I přes to však využívají nějakou metodu recyklace nebo znovupoužití ve všech oblastech podnikové struktury. Materiál 4.0 podnik 8 nevyužívá, ale plánuje jeho využití pro primární obaly svých výrobků v horizontu pěti let.

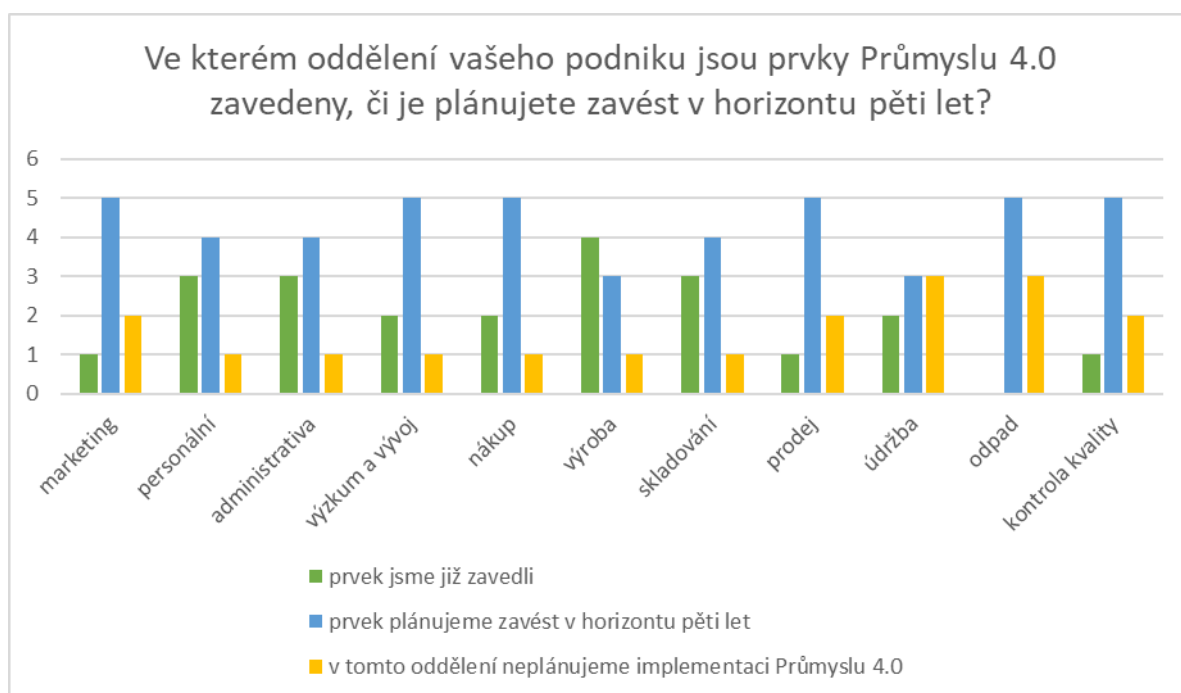
### **4.3. Shrnutí výsledků dotazování**

Po vyhodnocení všech osmi navrácených dotazníků nabízí tato kapitola ucelený pohled na stav implementace prvků Průmyslu 4.0 ve sledovaných podnicích, a to jak prostřednictvím textu, tak následujících tabulek a grafů.

Z výsledků první části dotazníku, která se věnuje obecnému dotazování týkajícího se zavedení prvků Průmyslu 4.0 v podniku, vyplývá, že management pěti z osmi dotazovaných podniků není obeznámen s problematikou Průmyslu 4.0. Avšak z následujících odpovědí na otázky týkající se podvědomí o jednotlivých prvcích a jejich zavedení v podniku je zřejmé, že jednotlivé prvky znají či využívají. Na základě těchto dat lze tedy říci, že se jedná tedy spíše o neznalost souhrnného pojmu Průmysl 4.0, než o neznalost technologií s tímto konceptem souvisejícími. Mezi nejvyužívanější prvky čtvrté průmyslové revoluce patří digitalizace, o které mají všechny sledované podniky podvědomí a zároveň ji sedm z osmi podniků aktivně využívá v podnikové praxi. Druhými nejvyužívanějšími prvky jsou následně robotizace a CC, které využívá pět z osmi podniků. Třetím nejvyužívanějším prvkem se stalo shromažďování a vyhodnocování dat pomocí BI, jejíž principy využívá polovina sledovaných podniků.

V otázce ohledně hlavního důvodu pro zavádění jednotlivých prvků Průmyslu 4.0 v podniku byla nejčastěji uváděna odpověď „zlepšení vnitropodnikových procesů (bezpečnost práce, rychlost výroby, nedostatek pracovníků atd.)“, což může nepřímo souviset i s odpovědí na otázku v třetí části dotazníku týkající se nahrazování podnikových pracovníků moderními technologiemi a zároveň s předpovědí předchozí rešerše, která uvádí, že z hlediska bezpečnosti práce budou jednotlivá pracovní místa nahrazována inteligentními CPS.

Z grafu 3 vyplývá, že sledované podniky zavádějí nejčastěji prvky Průmyslu 4.0 v oddělení výroby. Dále z grafu 3 lze usoudit, že ve většině podnikových odděleních, které zde byly zmíněny, a to především v oddělení marketingu, výzkumu a vývoje, nákupu, prodeje, odpadu a kontrole kvality, hodlají podniky v horizontu pěti let investovat do implementace jednotlivých prvků. Zde je opět návaznost na předchozí otázku týkající se důvodů zavedení, kdy podniky uvádějí zlepšení vnitropodnikových procesů jako je rychlost a bezpečnost práce.



**Graf 3** – Stav implementace prvků Průmyslu 4.0 v jednotlivých odděleních podniků

Součástí integrovaného SC jsou pouze tři z osmi dotazovaných podniků, i přes to, že i ti, kteří jeho součástí nejsou, vnímají jeho výhody. Mezi nejčastěji uváděné výhody pro napojení do integrovaného SC uváděli respondenti zvýšení konkurenceschopnosti podniku a sdílení informací napříč SC.

I přes to, že otázka týkající se zaznamenání zvýšené potřeby kybernetické bezpečnosti byla nepovinná, a to z hlediska citlivosti dané informace, odpověď na tuto otázku byla

zaznamenána u všech osmi respondentů, kdy šest z nich uvedlo, že zaznamenali potřebu posílení kybernetické bezpečnosti po zavedení prvků Průmyslu 4.0. Pouze respondenti z podniku 3 a 5 potřebu posílení nezaznamenali.

V souvislosti se zavedením prvků čtvrté průmyslové revoluce zaznamenalo pět ze sedmi respondentů nedostatek kvalifikovaných pracovníků, a to především na pozicích jako je řídicí pracovník z oblasti výzkumu a vývoje a specialista z oblasti kybernetické bezpečnosti. Naopak nedostatek kvalifikovaných pracovníků z oboru specialista pro oblast virtuální/rozšířené reality nepocítuje žádný z respondentů. Tento fakt nepřímo vyplývá také z toho, že sedm z osmi sledovaných podniků prvek virtuální reality nevyužívá.

Dva z osmi sledovaných podniků v případě nahrazení pracovníků prvky Průmyslu 4.0 upřednostňují transfer takového pracovníka na jiné pracovní místo s nabídkou možné rekvalifikace. Zánik pracovní pozice v podniku způsobený implementací prvků Průmyslu 4.0 zaznamenal pouze podnik 2, který svým pracovníkům neposkytuje možnost rekvalifikace ani transferu na jiné pracovní místo a pracovníci jsou v takovémto případě propuštěni. Tento fakt může být základem příčiny pocitování nedostatku kvalifikovaných pracovníků, který podnik 2 také zaznamenal. V případě, že by takovýmto pracovníkům nabízel rekvalifikaci, bylo by možné tento nedostatek kvalifikovaných pracovníků v podniku 2 snížit a zároveň proškolit pracovníky přímo pro procesy v podniku probíhající. Odpadla by tedy překážka spojená se zaškolováním nového pracovníka, který není obeznámen s principy fungování podniku 2 a zároveň nejistota setrvání nového pracovníka v podniku a jeho začlenění do kolektivu.

Přesně polovina sledovaných podniků zaznamenala posun k moderním technologiím způsobený celosvětovou pandemií onemocnění COVID-19. Otevřená otázka umožňovala bližší specifikaci moderních technologií, které byly právě pod nátlakem onemocnění pro udržení stávajících standardů podniku zavedeny. Jako příklady těchto technologií byly uvedeny online konference, virtuální stánek, home office, digitalizace a robotizace.

Z hlediska snižování dopadů na ŽP aktivně implementují technologie Průmyslu 4.0 pouze podnik 2 a 7, kdy se jedná o znovuvyužití odpadu na produkci bioplynu a ekologickou výrobu pyrotechnických složí a elektronizaci výbušnin. Z tabulky 1 však vyplývá, že jednotlivé prvky Průmyslu 4.0 jsou využívány pouze jedním podnikem, a to v oblasti logistiky/dopravy. Toto je však v rozporu s předchozím tvrzením, kdy využití prvků Průmyslu 4.0 v souvislosti se snížením dopadů na ŽP uvedly podniky dva. Zde se jedná nejspíše o záměnu pojmů Průmysl 4.0 a CE, který respondent vnímá jako pojem totožný.

Pojem a problematika CE je však známa již polovině sledovaných podniků (podnik 2, 6, 7, 8) a zároveň její principy podnik 2, 6, 7 využívá v podnikových procesech. Na základě

výsledků uvedených v tabulce 1 lze říci, že nejvíce je principů CE využíváno v oblasti výroby výrobků, dále pak v oblasti energetiky, údržby a investic do podnikové infrastruktury. Nejvíce principů CE využívá podnik 7, který její přednosti zavádí v oblasti energetiky, výroby výrobků a investic do podnikové infrastruktury.

**Tabulka 1** – Četnost odpovědí z hlediska využití jednotlivých technologií pro snížení dopadů na ŽP

	<b>využíváme některý z principů CE</b>	<b>využíváme nějakou metodu recyklace nebo znovupoužití</b>	<b>využíváme k tomu nástroj/e nebo prvky Průmyslu 4.0</b>	<b>nic z uvedeného</b>
<b>výroba produktů</b>	2	5	0	1
<b>poskytování služeb</b>	0	2	0	6
<b>logistika/doprava</b>	0	3	1	4
<b>energetika</b>	1	3	0	4
<b>údržba</b>	1	3	0	4
<b>administrativa</b>	0	2	0	6
<b>investice do podnikové infrastruktury (budovy, výrobní stroje apod.)</b>	1	3	0	4

Z hlediska snížení dopadů na ŽP je podniky nejvíce ze všech uvedených využívána nějaká metoda recyklace nebo znovupoužití, kdy těchto principů využívá šest z osmi sledovaných podniků. Nejvíce jsou tyto metody uplatňovány v oblasti výroby výrobků. Nejméně jsou principy pro snížení dopadů na ŽP zaváděny v oddělení poskytování služeb a administrativě, a to i přesto, že většina podniků uvedla zavedení digitalizace, která by právě v administrativě měla sloužit ke snížené spotřebě zdrojů. Na otázku ohledně využití materiálu 4.0, tedy udržitelného obalového materiálu, pro primární obaly výrobků, odpověděly tři z osmi podniků, že tento obal využívají a další tři ho plánují zavést v horizontu pěti let. Pouze dva ze sledovaných podniků materiál 4.0 nevyužívají a ani jeho zavedení neplánují.

## 5. Závěr

Cílem rešeršní části bylo zmapovat základní charakteristiku konceptu Průmysl 4.0 a jeho prvků, jeho postupný vývoj a zároveň postoj jednotlivých zemí a EU k podpoře pro jeho implementaci na daném území.

Naše společnost stojí na počátku velké výzvy, která se týká zavedení Průmyslu 4.0 a jeho prvků v praxi. Mezi tyto prvky patří především CPS, IoT, IoS, IoP, IoE, CC, AI, BI a Big Data, VR a AR, a v neposlední řadě také 3D tisk neboli aditivní výroba. Implementace těchto prvků do běžného života ovlivní vzhled našich měst a vytvoří soběstačné inteligentní továrny, jejichž procesy budou bezpečnější, rychlejší a efektivnější.

Dalším odvětvím, které bude čtvrtou průmyslovou revolucí zasaženo je budoucí nabídka a poptávka na globálním trhu, která se pod vlivem implementace ICT Průmyslu 4.0 výrazně změní, a to díky novým možnostem výroby. V návaznosti na to bude muset společnost projít celkovou rekvalifikací, aby našla uplatnění na budoucím trhu práce, jelikož jednotlivá pracovní místa podlehnou zániku z hlediska modernizace výrobních procesů. Zároveň bude potřeba, aby vzdělávací instituce přijmuly reformované vyučovací osnovy, které budou vyhovovat pro požadovanou kvalifikaci pracovníků na budoucím trhu.

V neposlední řadě je zde velká výzva v podobě ochrany ŽP, které v současnosti lidstvo nevyhnutelně čelí z hlediska zachování podmínek vhodných pro komfortní přežití. S pomocí zavádění prvků čtvrté průmyslové revoluce zde vyvstává možnost zvýšené ochrany ŽP tím, že do něho budeme co nejméně zasahovat a zároveň budeme čerpat minimum přírodních zdrojů. Již dnes se stává trendem zavádění principů CE, která společně s prvky Průmyslu 4.0 výrazně přispěje ke snížení dopadů na ŽP a zároveň na zvýšení kvality životních podmínek z pohledu zdraví naší společnosti, která se tak stane z hlediska ŽP udržitelná.

Chemický průmysl byl vždy jedním z hlavních lídrů při zavádění nejmodernějších ICT. Dnes však nahlížíme na toto odvětví spíše jako na zpátečnické, kvůli neochotě některých podniků zavádět nové technologie do svých tradičních výrobních procesů. Tak jako ostatní průmyslová odvětví, ani chemický průmysl nebude mít však na výběr a bude se muset přizpůsobit, jelikož nátlak ze strany zákazníků neustále narůstá. I z tohoto důvodu byla praktická část této bakalářské práce zpracována na základě dotazníkového šetření stavu podvědomí a implementace Průmyslu 4.0 v chemickém průmyslu.

Cílem praktické části bylo kvalitativně zmapovat stav implementace prvků Průmyslu 4.0 v chemickém průmyslu, kdy jako základní soubor byly vybrány výrobní podniky

Svazu chemického průmyslu. Kritéria pro rozeslání pomocí elektronické korespondence splňovalo 67 podniků, z nichž osm dotazníků se navrátilo vyplněných ke zpracování.

Z výsledků bylo zjištěno, že více než polovina sledovaných podniků nemá podvědomí o problematice Průmyslu 4.0, avšak o jednotlivých technologiích pojem mají a také jejich principů hojně využívají. Mezi nejvíce používaný prvek Průmyslu 4.0 se zařadila digitalizace. Prvky jsou ve sledovaných podnicích nejčastěji zaváděny za účelem zlepšení vnitropodnikových procesů, což odpovídá předpovědi předchozí rešerše. Prvky jsou nejvíce zaváděny ve výrobních procesech.

Součástí SC je pouze malá část podniků, a to i přes to, že ostatní vnímají jeho výhody pro zavedení v podnikové praxi (zvýšení konkurenceschopnosti podniku a sdílení informací napříč SC). Kybernetická bezpečnost hraje obrovskou roli při implementaci prvků, což potvrdila také většina sledovaných podniků, která potřebu posílení zaznamenala a zároveň pociťují také nedostatek pracovníků v tomto oboru.

I přes to, že předchozí rešerše výrazně doporučuje nedostatečně kvalifikované pracovníky rekvalifikovat, z výsledků výzkumu vyplývá, že tuto možnost nabízí pouze malá část sledovaných podniků. Zánik pracovní pozice však zaznamenal pouze jeden respondent, kdy pracovníci nebyli rekvalifikováni, ale propuštěni. Tento fakt však může být pouze prozatímní, kdy se vzrůstajícím počtem implementovaných prvků Průmyslu 4.0 začne přibývat i zaniklých pracovních míst, propuštěných a nezaměstnatelných pracovníků.

Z hlediska probíhající pandemie onemocnění COVID-19, která bezpochyby zasáhla globální ekonomiku, vyplynulo, že přesně polovina sledovaných podniků byla touto pandemií podnícena k vyšší četnosti využití těchto ICT a urychlila tak jejich implementaci, která by v podniku trvala za standardních podmínek déle.

Z hlediska ŽP vyplývá, že pouze čtvrtina sledovaných podniků zavádí prvky Průmyslu 4.0 pro snižování dopadů jejich výroby. Avšak více než polovina respondentů používá pro svou výrobu nějakou metodu recyklace či znovupoužití a dva podniky dokonce využívají principů CE. Metody recyklace či znovupoužití využívají jak v oddělení výroby, tak v oddělení poskytování služeb, logistiky/dopravy, energetiky, administrativy a údržby.

Celkově z dotazníkového šetření tedy vyplývá, že ač management většiny podniků není obeznámen s pojmem a problematikou čtvrté průmyslové revoluce, tak její principy a technologie mají v podvědomí, a v některých případech je i využívají. Avšak tyto prvky pořád nejsou využívány v uspokojivém měřítku. Určitě je zde prostor pro zlepšení, které pro uplatnění na budoucím trhu bude nevyhnutelné.

## 6. Použitá literatura

1. BARTODZIEJ, Christoph Jan. *The Concept Industry 4.0: An Empirical Analysis of Technologies and Applications in Production Logistics*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2017. BestMasters. ISBN 978-3-658-16501-7
2. JOHANNESSEN, Jon-Arild. *Automation, Innovation and Economic Crisis: Surviving the Fourth Industrial Revolution* [online]. London: Routledge, 2018 [cit. 2020-12-29]. ISBN 978-1-351-03984-0. Dostupné z: <https://doi.org/10.4324%2F9781351039864>
3. Achema 2018 Show Report: Key industry 4.0 technologies. In: *Codico: Coding & Marking Solutions* [online]. 2018-09-17 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.codico-distributors.com/blog/achema-2018-show-report/attachment/key-industry-4-0-technologies-2>
4. OZTEMEL, Ercan a Samet GURSEV. Literature review of Industry 4.0 and related technologies. *Journal of Intelligent Manufacturing* [online]. 2020, 31(1), 127-182 [cit. 2020-12-29]. ISSN 0956-5515. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007%2Fs10845-018-1433-8>
5. DIRICEN, Cüneyt. The Impacts of Robotics, Artificial Intelligence On Business and Economics. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* [online]. 195. 2015 [cit. 2020-12-29]. ISSN 18770428. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877042815036137>
6. OLÁH, Judit, Nemer ABURUMMAN, József POPP, Muhammad Asif KHAN, Hossam HADDAD a Nicodemus KITUKUTHA. Impact of Industry 4.0 on Environmental Sustainability. *Sustainability* [online]. 2020, 12(11) [cit. 2020-12-29]. ISSN 2071-1050. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390%2Fsu12114674>
7. KERGROACH, Sandrine. Industry 4.0: New Challenges and Opportunities for the Labour Market. *Foresight and STI Governance* [online]. 2017, 11(4), 6-8 [cit. 2020-12-29]. ISSN 25002597. Dostupné z: <https://doi.org/10.17323%2F2500-2597.2017.4.6.8>
8. WEBER, E. Industry 4.0: Job-producer or employment-destroyer? *Aktuelle Berichte* [online]. 2016, [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.econstor.eu/handle/10419/161710>

9. NUNES, M. Lopes, A.C. PEREIRA a A.C. ALVES. Smart products development approaches for Industry 4.0. *Procedia Manufacturing* [online]. 2017, 13, 1215-1222 [cit. 2020-12-29]. ISSN 23519789. Dostupné z: <http://doi.org/10.1016%2Fj.promfg.2017.09.035>
10. WANG, Shiyong, Jiafu WAN, Di LI a Chunhua ZHANG. Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks* [online]. 2016, 12(1) [cit. 2020-12-29]. ISSN 1550-1477. Dostupné z: <https://doi.org/10.1155%2F2016%2F3159805>
11. MASI, Donato, Steven DAY a Janet GODSELL. Supply Chain Configurations in the Circular Economy: A Systematic Literature Review. *Sustainability* [online]. 2017, 9(9) [cit. 2020-12-29]. ISSN 2071-1050. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390%2Fsu9091602>
12. MAŘÍK, Vladimír. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0.
13. LOM, Michal, Ondrej PRIBYL a Miroslav SVITEK. Industry 4.0 as a part of smart cities. *2016 Smart Cities Symposium Prague (SCSP)* [online]. IEEE, 2016, 2016, 1-6 [cit. 2020-12-29]. ISBN 978-1-5090-1116-2. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109%2FSCSP.2016.7501015>
14. CLEMENT, S. J., D. W. MCKEE a Jie XU. Service-Oriented Reference Architecture for Smart Cities. *2017 IEEE Symposium on Service-Oriented System Engineering (SOSE)* [online]. IEEE, 2017, 2017, 81-85 [cit. 2020-12-29]. ISBN 978-1-5090-6320-8. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109%2Fsose.2017.29>
15. Každé město může být „chytré“: Starosta inovátor. In: *Smart Lighting Solutions* [online]. [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.smartlightingsolution.cz/kazde-mesto-muze-byt-chytre>
16. Papa, R. Smart cities: Research, projects and good practices for infrastructures. *Journal of Land Use, Mobility and Environment*. 2013 (6)1, 291–292. ISSN 1970-9889
17. SAFIULLIN, Anton, Lyudmila KRASNYYUK a Zoya KAPELYUK. Integration of Industry 4.0 technologies for “smart cities” development. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [online]. 2019, 497 [cit. 2020-12-29]. ISSN 1757-899X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1088%2F1757-899X%2F497%2F1%2F012089>

18. RITCHIE, Hana. Urbanization. *Our world in data* [online]. 2018 [cit. 2020-12-29].  
Dostupné z: <https://ourworldindata.org/urbanization>
19. NOLTING, Lars, Jan PRIESMANN, Christina KOCKEL, Georg RÖDLER, Tobias BRAUWEILER, Ines HAUER, Martin ROBINIUS a Aaron PRAKTIKNJO. Generating Transparency in the Worldwide Use of the Terminology Industry 4.0. *Applied Sciences* [online]. 2019, 9(21) [cit. 2020-12-29]. ISSN 2076-3417.  
Dostupné z: <https://doi.org/10.3390%2Fapp9214659>
20. TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Průmysl 4.0, aneb, Nikdo sám nevyhraje*.  
Přihonice: Professional Publishing, 2017. ISBN 978-80-906594-4-5.
21. The Second Industrial Revolution, 1870-1914. *The Lever of Riches*. 1. Oxford University Press, 1998, s. 219-245. ISBN 978-195061130.
22. BRIKEN, Kendra, Shiona CHILLAS, Martin KRZYWDZINSKI, Abigail MARKS, Florian BUTOLLO a Boy LÜTH. 'Made in China 2025': Intelligent Manufacturing and Work. *The New Digital Workplace: How New Technologies Revolutionise Work* [online]. UK: Macmillan Education, 2017, s. 42-61 [cit. 2020-12-29]. ISBN 9781137610133. Dostupné z: [https://doi.org/10.1057%2F978-1-137-61014-0\\_3](https://doi.org/10.1057%2F978-1-137-61014-0_3)
23. ROJKO, Andreja. Industry 4.0 Concept: Background and Overview. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)* [online]. 2017, 11(5), 77-90 [cit. 2020-12-29]. ISSN 1865-7923. Dostupné z: <https://doi.org/10.3991%2Fijim.v11i5.7072>
24. ANG, Joo, Cindy GOH, Alfredo SALDIVAR a Yun LI. Energy-Efficient Through-Life Smart Design, Manufacturing and Operation of Ships in an Industry 4.0 Environment. *Energies* [online]. 2017, 10(5) [cit. 2020-12-29]. ISSN 1996-1073. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390%2Fen10050610>
25. Industrial Internet Consortium: About Us. *Industrial Internet Consortium* [online]. [cit. 2020-11-06]. Dostupné z: <https://www.iiconsortium.org/about-us.htm>
26. Industrial Internet Consortium: Current Members. *Industrial Internet Consortium* [online]. [cit. 2020-11-06]. Dostupné z: <https://www.iiconsortium.org/members.htm>.

27. ARENS, Marlene. *Resources, Conservation and Recycling* [online]. 2019, 143, 244-250 [cit. 2020-12-30]. ISSN 09213449. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016%2Fj.resconrec.2018.12.020>
28. VEUGELERS, Reinhilde, Michele CINCERA, Rainer FRIETSCH, et al. The Impact of Horizon 2020 on Innovation in Europe. *Intereconomics* [online]. 2015, 50(1), 4-30 [cit. 2020-12-30]. ISSN 0020-5346. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007%2Fs10272-015-0521-7>
29. GABRIEL, Mariya. *The EU Research and Innovation Programme (2021-27): For a green, healthy, digital and inclusive Europe* [online]. The Publications Office of the European Union, 2020, 2020 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/research\\_and\\_innovation/funding/documents/ec\\_rtd\\_horizon-europe-overview.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/research_and_innovation/funding/documents/ec_rtd_horizon-europe-overview.pdf)
30. BAHETI, Radhakisan a Helen GILL. The Impact of Control Technology: Cyber-physical Systems. *IEEE Control Systems* [online]. 2011, 2011, 161-166 [cit. 2020-12-02]. Dostupné z: [www.ieeecss.org](http://www.ieeecss.org)
31. HUSSAIN, Fatima. Internet of Everything. *Internet of Things* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2017, 2017-03-28, 1-11 [cit. 2020-12-30]. SpringerBriefs in Electrical and Computer Engineering. ISBN 978-3-319-55404-4. Dostupné z: [https://doi.org/10.1007%2F978-3-319-55405-1\\_1](https://doi.org/10.1007%2F978-3-319-55405-1_1)
32. MIRAZ, Mahdi H., Maaruf ALI, Peter S. EXCELL a Rich PICKING. A review on Internet of Things (IoT), Internet of Everything (IoE) and Internet of Nano Things (IoNT). *2015 Internet Technologies and Applications (ITA)* [online]. IEEE, 2015, 2015, 219-224 [cit. 2020-12-30]. ISBN 978-1-4799-8036-9. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109%2FITechA.2015.7317398>
33. MIRAZ, Mahdi, Maaruf ALI, Peter EXCELL a Richard PICKING. Internet of Nano-Things, Things and Everything: Future Growth Trends. *Future Internet* [online]. 2018, 10(8) [cit. 2020-12-30]. ISSN 1999-5903. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390%2Ffi10080068>

34. BUXMANN, Peter, Thomas HESS a Rainer RUGGABER. Internet of Services. *Business & Information Systems Engineering*. Springer Gabler, 2009, 1(5), 341-342. ISSN 1867-0202. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007%2Fs12599-009-0066-z>
35. REIS, Jacqueline Zonichenn a Rodrigo Franco GONÇALVES. The Role of Internet of Services (IoS) on Industry 4.0 Through the Service Oriented Architecture (SOA). *Advances in Production Management Systems. Smart Manufacturing for Industry 4.0* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2018, 2018-08-25, 20-26 [cit. 2020-12-30]. IFIP Advances in Information and Communication Technology. ISBN 978-3-319-99706-3. Dostupné z: [https://doi.org/10.1007%2F978-3-319-99707-0\\_3](https://doi.org/10.1007%2F978-3-319-99707-0_3)
36. YUAN, Faxi, Rui LIU, Liang MAO a Min LI. Internet of people enabled framework for evaluating performance loss and resilience of urban critical infrastructures. *Safety Science* [online]. 2021, 134 [cit. 2020-12-30]. ISSN 09257535. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016%2Fj.ssci.2020.105079>
37. MIRANDA, Javier, Niko MAKITALO, Jose GARCIA-ALONSO, Javier BERROCAL, Tommi MIKKONEN, Carlos CANAL a Juan M. MURILLO. From the Internet of Things to the Internet of People. *IEEE Internet Computing* [online]. 2015, 19(2), 40-47 [cit. 2020-12-30]. ISSN 1089-7801. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109%2FMIC.2015.24>
38. LANGLEY, David J., Jenny VAN DOORN, Irene C.L. NG, Stefan STIEGLITZ, Alexander LAZOVIK a Albert BOONSTRA. The Internet of Everything: Smart things and their impact on business models. *Journal of Business Research* [online]. 2021, 122, 853-863 [cit. 2020-12-30]. ISSN 01482963. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016%2Fj.jbusres.2019.12.035>
39. XU, Xun. From cloud computing to cloud manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* [online]. 2012, 28(1), 75-86 [cit. 2020-12-30]. ISSN 07365845. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016%2Fj.rcim.2011.07.002>

40. RIMAL, Bhaskar Prasad, Admela JUKAN, Dimitrios KATSAROS a Yves GOELEN. Architectural Requirements for Cloud Computing Systems: An Enterprise Cloud Approach. *Journal of Grid Computing* [online]. 2011, 9(1), 3-26 [cit. 2020-12-30]. ISSN 1570-7873. Dostupné z: doi:10.1007/s10723-010-9171-y
41. SHROFF, Gautam. Data in the cloud. *Enterprise Cloud Computing* [online]. Cambridge: Cambridge University Press, 2010, , 117-130 [cit. 2020-12-30]. ISBN 9780511778476. Dostupné z: <https://doi.org/10.1017%2FCBO9780511778476.015>
42. SOVA MARTINOVSKÝ, Václav. Cloud Computing: vývoj a současný stav. *Trendy v podnikání* [online]. Plzeň, 2017, 7(2), 10-17 [cit. 2020-12-30]. ISSN 1805-0603. Dostupné z: <https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/29145/1/Martinovsky.pdf>
43. Why should my business care about Cloud Computing? In: *Velocity Consultancy* [online]. 2020-02-10 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.velocityconsultancy.com/why-should-my-business-care-about-cloud-computing>
44. GERGELY, Tamás a László URY. Mathematical Foundation of Cognitive Computing Based Artificial Intelligence. *Artificial Intelligence* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2019, 2019-10-14, , 29-64 [cit. 2020-12-30]. Lecture Notes in Computer Science. ISBN 978-3-030-33273-0. Dostupné z: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-33274-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-33274-7_3)
45. KAVANAGH, Camino. New Tech, New Threats, and New Governance Challenges: An Opportunity to Craft Smarter Responses? *Carnegie Endowment for International* [online]. 2019 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: [www.jstor.org/stable/resrep20978.1](http://www.jstor.org/stable/resrep20978.1)
46. BOLTER, Jay David. Artificial Intelligence. *Daedalus*. MIT Press, 1984, 113(3), 1-18. ISSN 0011-5266.
47. RIZZI, Stefano. Business Intelligence. LIU, Ling a M. Tamer ÖSZÜ. *Encyclopedia of Database Systems* [online]. New York, NY: Springer New York, 2016, s. 1-6 [cit. 2020-12-30]. ISBN 978-1-4899-7993-3. Dostupné z: [https://doi.org/10.1007%2F978-1-4899-7993-3\\_881-2](https://doi.org/10.1007%2F978-1-4899-7993-3_881-2)

48. NEGASH, Solomon. Business Intelligence. *Communications of the Association for Information Systems* [online]. 2004, 13 [cit. 2020-12-30]. ISSN 15293181. Dostupné z: <https://doi.org/10.17705%2F1CAIS.01315>
49. KOWALCZYK, Martin. *The Support of Decision Processes with Business Intelligence and Analytics* [online]. 2017 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007%2F978-3-658-19230-3>
50. YEOMAN, Ian. Big Data. *Journal of Revenue and Pricing Management* [online]. 2019, 18(1), 1-1 [cit. 2020-12-30]. ISSN 1476-6930. Dostupné z: <https://doi.org/10.1057%2Fs41272-019-00191-9>
51. OUSSOUS, Ahmed, Fatima-Zahra BENJELLOUN, Ayoub AIT LAHCEN a Samir BELFKIH. Big Data technologies: A survey. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences* [online]. 2018, 30(4), 431-448 [cit. 2020-12-30]. ISSN 13191578. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016%2Fj.jksuci.2017.06.001>
52. Volume of data/information created, captured, copied, and consumed worldwide from 2010 to 2024. *Statista* [online]. 2020-12-3 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/871513/worldwide-data-created/>
53. PEDDIE, Jon. *Augmented Reality: Where we will all live* [online]. Tiburon: Springer International Publishing, 2017 [cit. 2020-12-30]. ISBN 978-3-319-54502-8. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-54502-8>
54. PLEWAN, Thorsten, Benedikt MÄTTIG, Veronika KRETSCHMER a Gerhard RINKENAUER. Exploring the benefits and limitations of augmented reality for palletization. *Applied Ergonomics* [online]. 2021, 90 [cit. 2020-12-30]. ISSN 00036870. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016%2Fj.apergo.2020.103250>
55. DENGZHE, Ma, Xiumin FAN, Jürgen GAUSEMEIER a Michael GRAFE. *Virtual Reality & Augmented Reality in Industry* [online]. 2. Springer Berlin Heidelberg, 2011 [cit. 2020-12-30]. ISBN 9786613477354. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007%2F978-3-642-17376-9>
56. Augmented Reality in Manufacturing. In: *Immersive Gaze* [online]. 2018-06-05 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://medium.com/@Immersivegaze/augmented-reality-in-manufacturing-caa021ca5055>

57. SUTHERLAND, Justin a Dan LA RUSSA. Virtual Reality. RYBICKI, Frank J. a Gerald T. GRANT. *3D Printing in Medicine: A practical guide for medical professionals* [online]. Springer International Publishing, 2017, s. 125-133 [cit. 2020-12-30]. ISBN 9783319619248. Dostupné z: [https://doi.org/10.1007%2F978-3-319-61924-8\\_12](https://doi.org/10.1007%2F978-3-319-61924-8_12)
58. WOHLGENANT, Isabell, Alexander SIMONS a Stefan STIEGLITZ. *Virtual Reality* [online]. 2020, 62(5), 455-461 [cit. 2020-12-30]. ISSN 2363-7005. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007%2Fs12599-020-00658-9>
59. ROSEN, Roland, Stefan BOSCHERT a Annelie SOHR. Next Generation Digital Twin. *Atp magazin* [online]. 2018, 60(10), 86-96 [cit. 2020-12-30]. ISSN 2364-3137. Dostupné z: <https://doi.org/10.17560%2Fatp.v60i10.2371>
60. JOSHI, Sayali, Michael HAMILTON, Robert WARREN, Danny FAUCETT, Wenmeng TIAN, Yu WANG a Junfeng MA. Implementing Virtual Reality technology for safety training in the precast/ prestressed concrete industry. *Applied Ergonomics* [online]. 2021, 90 [cit. 2020-12-30]. ISSN 00036870. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016%2Fj.apergo.2020.103286>
61. DEREVIANKO, Irina. *Analýza možností využití virtuální reality v přípravě a realizaci staveb*. Praha, 2020. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Kovařík Michal.
62. Automotive: Vehicle body construction. In: *Eplan: efficient engineering* [online]. [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://industries.eplan-software.com/automotive/vehicle-body-construction/>
63. DUDA, Thomas a L. Venkat RAGHAVAN. 3D Metal Printing Technology. *IFAC-PapersOnLine* [online]. 2016, 49(29), 103-110 [cit. 2020-12-30]. ISSN 24058963. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016%2Fj.ifacol.2016.11.111>
64. CAMPBELL, Thomas, Christopher WILLIAMS, Olga IVANOVA a Banning GARRETT. Could 3D Printing Change the World?: Technologies, Potential, and Implications of Additive Manufacturing. *Strategic Foresight Initiative* [online]. Atlantic Council, 2011-10, 1-3 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.atlanticcouncil.org/in-depth-research-reports/report/could-3d-printing-change-the-world/>

65. LEAL, R., F. M. BARREIROS, L. ALVES, F. ROMEIRO, J. C. VASCO, M. SANTOS a C. MARTO. Additive manufacturing tooling for the automotive industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* [online]. 2017, 92(5-8), 1671-1676 [cit. 2020-12-30]. ISSN 0268-3768. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007%2Fs00170-017-0239-8>
66. PALÍŠEK, Eduard. Digitalizace a Průmysl 4.0 v chemickém průmyslu. *Chemické listy. CHLSAC*, 2018, 112(4), 205-206. ISSN 0009-2770.
67. VON KNOP, Jan. Chemistry 4.0 Challenges and Solutions for the Digital Transformation. *Croatica Chemica Acta* [online]. 2016, 89(4) [cit. 2020-12-30]. ISSN 00111643. Dostupné z: <https://doi.org/10.5562%2Fcca3132>
68. VAN THIENEN, Stefan, Monika MAHTO, Andrew CLINTON a Brenna SNIDERMAN. *Industry 4.0 and the chemicals industry: Catalyzing transformation through operations improvement and business growth* [online]. UK: Deloitte University Press, 2016, 2016-06-07 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/chemicals-industry-value-chain.html>
69. KNEISSEL, Bernhard. Chemistry 4.0: Reinventing the chemical company with digital transformation. *Reaction: Chemicals Magazine* [online]. 2017, 2017-05-16, 23, 4-17 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://home.kpmg/xx/en/home/events/2018/05/chemistry-4-0-reinventing-the-chemical-company-with-digital-transformation.html>
70. SHEVTSOVA, Hanna a Olha MASLOSH. Chemical production modernization in the formative phase of Industry 4.0: study of trends and problems of investment support. *Technology audit and production reserves* [online]. 2019, 1(4(45)), 30-37 [cit. 2020-12-30]. ISSN 2312-8372. Dostupné z: <https://doi.org/10.15587%2F2312-8372.2019.157152>
71. 2020 ranking of the global leading chemical companies based on revenue. *Statista* [online]. 2020, 2020-05 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/272704/top-10-chemical-companies-worldwide-based-on-revenue/>

72. PAZDERKOVÁ, Hana. Český výrobní závod Rakona společnosti P&G byl na Světovém ekonomickém fóru v Davosu představen jako vzor v oblasti technologie a inovace výroby. *ČTK Protext* [online]. Rakovník, 2019, 2019-02-06 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.protext.cz/zprava.php?id=30621>
73. MENTZER, John T., William DEWITT, James S. KEEBLER, Soonhong MIN, Nancy W. NIX, Carlo D. SMITH a Zach G. ZACHARIA. Defining Supply Chain Management. *Journal of Business Logistics* [online]. 2001, 22(2), 1-7 [cit. 2020-12-30]. ISSN 2158-1592. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002%2Fj.2158-1592.2001.tb0001.x>
74. PAUSE, Daniel a Marek SVENJA. Supply Chain Scenarios for Logistics Service Providers in the Context of Additive Spare Parts Manufacturin. *IFIP Advances in Information and Communication Technology* [online]. Springer International Publishing, 2019, s. 51-58 [cit. 2020-12-30]. ISBN 9783030167707. Dostupné z: [https://doi.org/10.1007%2F978-3-030-29996-5\\_6](https://doi.org/10.1007%2F978-3-030-29996-5_6)
75. CHAN, Hing Kai a Fujun LAI. Editorial on “Smarter supply chain and big data applications”. *Journal of Data, Information and Management* [online]. 2020, 2(2), 65-66 [cit. 2020-12-30]. ISSN 2524-6356. Dostupné z: [doi:10.1007/s42488-020-00033-z](https://doi.org/10.1007/s42488-020-00033-z)
76. GUPTA, Shivam, Vinayak A. DRAVE, Surajit BAG a Zongwei LUO. Leveraging Smart Supply Chain and Information System Agility for Supply Chain Flexibility. *Information Systems Frontiers* [online]. 2019, 21(3), 547-564 [cit. 2020-12-30]. ISSN 1387-3326. Dostupné z: [doi:10.1007/s10796-019-09901-5](https://doi.org/10.1007/s10796-019-09901-5)
77. DAWSON, Maurice. Cyber Security in Industry 4.0: The Pitfalls of Having Hyperconnected Systems. *Journal of Strategic Management Studies* [online]. 2018, 10(1) [cit. 2020-12-30]. ISSN 2434-124X. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/327108974>
78. WEGNER, Andre, James GRAHAM a Eli RIBBLE. A New Approach to Cyberphysical Security in Industry 4.0. *Cybersecurity for Industry 4.0: Analysis for Design and Manufacturing* [online]. Springer International Publishing, 2017, s. 59-72 [cit. 2020-12-30]. ISBN 9783319506593. Dostupné z: <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-319-50660-9>

79. CULOT, Giovanna, Fabio FATTORI, Matteo PODRECCA a Marco SARTOR. Addressing Industry 4.0 Cybersecurity Challenges. *IEEE Engineering Management Review* [online]. 2019, 47(3), 79-86 [cit. 2020-12-30]. ISSN 0360-8581. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109%2FEMR.2019.2927559>
80. HERNANDEZ-DE-MENENDEZ, Marcela, Ruben MORALES-MENENDEZ, Carlos A. ESCOBAR a Megan MCGOVERN. Competencies for Industry 4.0. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)* [online]. 2020, 14(4), 1511-1524 [cit. 2020-12-30]. ISSN 1955-2513. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007%2Fs12008-020-00716-2>
81. DUBČEK, Alexander. *Vplyv Industry 4.0 na tvorbu pracovných miest 2019* [online]. Trenčín: Publishing House, 2020 [cit. 2020-12-30]. ISBN 978-80-8075-903-2. Dostupné z: <https://fsev.tnuni.sk/konferencia2019/Zbornik.pdf>
82. KOŠŤÁLOVÁ, Jana a Marie BEDNAŘÍKOVÁ. Analýza pracovného trhu chemického priemyslu Českej republiky. *Chemické listy* [online]. 2019, 2019-11-15, 113(11), 691-696 [cit. 2020-12-30]. ISSN 0009-2770. Dostupné z: <http://www.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/3492>
83. LE, Quan Thai Thuong, Tam Ho Dan DOAN, Quyen Le Hoang Thuy To NGUYEN a Doang Thi Phuc NGUYEN. Competency Gap in the Labor Market: Evidence from Vietnam. *The Journal of Asian Finance, Economics and Business* [online]. 2020, 7(9), 697-706 [cit. 2020-12-30]. ISSN 2288-4637. Dostupné z: <https://doi.org/10.13106%2Fjafeb.2020.vol7.no9.697>
84. VAN ECK, Michael M. The Disruptive Force of Smart Contracts. DOORSAMY, Wesley, Babu Sena PAUL a Tshilidzi MARWALA. *The Disruptive Fourth Industrial Revolution: Technology, Society and Beyond* [online]. Springer International Publishing, 2020, s. 21-45 [cit. 2020-12-30]. ISBN 978-3-030-48230-5. Dostupné z: [https://doi.org/10.1007%2F978-3-030-48230-5\\_2](https://doi.org/10.1007%2F978-3-030-48230-5_2)

85. PINZONE, Marta, Paola FANTINI, Stefano PERINI, Stefano GARAVAGLIA, Marco TAISCH a Giovanni MIRAGLIOTTA. Jobs and Skills in Industry 4.0: An Exploratory Research. LÖDDING, Herman, Ralph RIEDEL, Klaus-Dieter THOBEN, Gregor VON CIEMINSKI a Dimitris KIRITSIS. *Advances in Production Management Systems: The Path to Intelligent, Collaborative and Sustainable Manufacturing* [online]. 1. Springer International Publishing, 2017, s. 282-288 [cit. 2020-12-30]. ISBN 978-3-319-66922-9. Dostupné z: [https://doi.org/10.1007%2F978-3-319-66923-6\\_33](https://doi.org/10.1007%2F978-3-319-66923-6_33)
86. MOKTADIR, Md. Abdul, Syed Mithun ALI, Simonov KUSI-SARPONG a Md. Aftab Ali SHAIKH. Assessing challenges for implementing Industry 4.0: Implications for process safety and environmental protection. *Process Safety and Environmental Protection* [online]. 2018, 117, 730-741 [cit. 2020-12-30]. ISSN 09575820. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016%2Fj.psep.2018.04.020>
87. GHOBAKHLOO, Morteza. Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of Cleaner Production* [online]. 2020, 252 [cit. 2020-12-30]. ISSN 09596526. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016%2Fj.jclepro.2019.119869>
88. GOBBO, Jose Alcides, Christianne M. BUSSO, Simone Cristina O. GOBBO a Henrique CARREÃO. Making the links among environmental protection, process safety, and industry 4.0. *Process Safety and Environmental Protection* [online]. 2018, 117, 372-382 [cit. 2020-12-30]. ISSN 09575820. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016%2Fj.psep.2018.05.017>
89. SCHAEFER, Dirk a Wai M. CHEUNG. Smart Packaging: Opportunities and Challenges. *Procedia CIRP* [online]. 2018, 72, 1022-1027 [cit. 2020-12-30]. ISSN 22128271. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016%2Fj.procir.2018.03.240>
90. DOBRZAŃSKI, L.A. Role of materials design in maintenance engineering in the context of industry 4.0 idea. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* [online]. 2019, 1(96 extended issue), 12-49 [cit. 2020-12-30]. ISSN 1734-8412. Dostupné z: <https://doi.org/10.5604%2F01.3001.0013.7932>
91. PLEVOVÁ, Alena. *Cirkulární ekonomika v ČR v kontextu strategie EU*. Praha, 2018. Diplomová práce. Vysoká škola ekonomická v Praze. Vedoucí práce Němcová Ingeborg.

92. GEISSDOERFER, Martin, Paulo SAVAGET, Nancy M.P. BOCKEN a Erik Jan HULTINK. The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production* [online]. 2017, 143, 757-768 [cit. 2020-12-30]. ISSN 09596526. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016%2Fj.jclepro.2016.12.048>
93. TAKIGUCHI, Hiroaki. Global Environment Facility's support for sustainable waste management. *Journal of Material Cycles and Waste Management* [online]. 2016, 18(2), 248-257 [cit. 2020-12-30]. ISSN 1438-4957. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007%2Fs10163-015-0364-0>