



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

ANALÝZA RIZIK DIGITALIZACE VÝROBY V PRŮMYSLOVÉM PODNIKU

ANALYSIS OF RISKS OF DIGITISATION OF PRODUCTION IN AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jan Vínovský

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jana Rozehnalová, M.Sc.

BRNO 2022

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student: **Bc. Jan Vínovský**
Studijní program: Kvalita, spolehlivost a bezpečnost Studijní obor:
bez specializace
Vedoucí práce: **Ing. Jana Rozehnalová, M.Sc.**
Akademický rok: 2021/22

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijníma zkušebníma řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Analýza rizik digitalizace výroby v průmyslovém podniku

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zvládnutí provozu nových technologií v současných průmyslových podnicích je na základě výzkumů velkou výzvou výrobních firem. Trend zavádění Smart zařízení nebo vestavených umělých inteligencí znamená, že mnoho výrobních segmentů budou využívat senzory pro sběr dat a jejich poskytování v reálném čase. S digitalizací a automatizací výrobních procesů jsou spojeny také hrozby, které je třeba včas identifikovat a minimalizovat tak dopady s nimi spojených rizik.

Cíle diplomové práce:

Rozbor současného stavu vědy a techniky v oblasti digitalizace výroby.
Rešerše relevantních norem a legislativních požadavků EU/ČR.
Systémový rozbor řešené problematiky, návrh a zdůvodnění zvoleného způsobu metody analýzy rizik.
Aplikace analýzy rizik a zhodnocení současného stavu.
Vlastní závěry a/nebo doporučení.

Seznam doporučené literatury:

RAIS, Karel a Radek DOSKOČIL. Risk management. 1. Brno: Cerm, 2007. ISBN 978-80-214-3510-0.

ČSN EN ISO 9001:2015: Systémy managementu jakosti - Požadavky. 02. Praha: Český normalizační institut, 2016.

ČSN ISO 31000. ČSN ISO 31000: Management rizik - Principy a směrnice. 1. Praha: Český normalizační institut, 2010.

ČSN EN IEC 31010 ED. 2. Management rizik - Techniky posuzování rizik. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2020.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
děkan fakulty

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Průmysl 4.0 (Industry 4.0) je v současné době známý také pod pojmem „čtvrtá průmyslová revoluce“ nebo „digitalizace průmyslové výroby“. Stejně jako další průmyslové revoluce, ke kterým během lidského vývoje již došlo, přináší i nejnovější velké množství změn a nových metod či technologií, které mají za cíl usnadnit a maximálně zefektivnit lidskou práci. Závěrečná práce vysvětluje, co je „čtvrtá průmyslová revoluce“, její základní principy a metody, které jsou již v současné době využívány. Dále tato práce zjišťuje, do jaké míry je průmysl 4.0 zaveden v ČR, EU, i ve světě, a jak je prostřednictvím legislativních rámců regulován. Poté byly vytvořeny analýzy zaměřující se na vzniklé rizika a návrhu řešení.

ABSTRACT

Industry 4.0 is also currently known as the "fourth industrial revolution" or the "digitization of industrial production." Like other industrial revolutions that have already taken place during human development, the latest brings a large number of changes and new methods or technologies that aim to facilitate and make human work as efficient as possible. The final work explains what the "fourth industrial revolution" is, its basic principles and methods that are already used today. Furthermore, this work examines the extent to which Industry 4.0 is introduced in the Czech Republic, the EU and the world, and how it is regulated through legislative frameworks. An analysis was then created focusing on the risks incurred and proposing a solution.

KLÍČOVÁ SLOVA

Průmysl 4.0, čtvrtá průmyslová revoluce, automatizace, digitalizace, robotizace

KEYWORDS

Industry 4.0, the fourth industrial revolution, automation, digitization, robotics

BIBLIOGRAFICKÉ CITACE

Citace tištěné práce:

VÍNOVSKÝ, Jan. *Analýza rizik digitalizace výroby v průmyslovém podniku*. Brno, 2022. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/140146>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Jana Rozehnalová.

Citace elektronického zdroje:

VÍNOVSKÝ, Jan. *Analýza rizik digitalizace výroby v průmyslovém podniku* [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/140146>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Jana Rozehnalová.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Ing. Janě Rozehnalové, M.Sc. za cenné odborné rady a připomínky, které mi poskytla při vypracování diplomové práce

Velké díky patří rodině, která mě podporovala a umožnila mi studium. Za což jsem jim velice vděčný a vždy budu.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jany Rozehnalové M.Sc. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 20.05.2022

.....
Jan Vínovský

OBSAH

1	ÚVOD	9
2	MOTIVACE	11
3	PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	12
4	HISTORIE A TRANSFORMACE PRŮMYSLOVÉ VÝROBY	13
4.1	První průmyslová revoluce	14
4.2	Druhá průmyslová revoluce	17
4.3	Třetí průmyslová revoluce.....	20
5	PRŮMYSL 4.0 A DIGITALIZACE	23
5.1	Definice pojmu.....	23
5.2	Historie	27
5.3	Zavádění konceptu ve světě a v ČR.....	29
6	VÝVOJ A BEZPEČNOST PRŮMYSLU 4.0	35
6.1	Základní technologie	35
6.1.1	Internet věcí.....	37
6.1.2	Cloudová úložiště.....	40
6.1.3	Big data.....	44
6.1.4	Automatizace a robotizace.....	46
6.1.5	Virtuální realita	49
6.1.6	Senzorika	51
6.1.7	Aditivní výroba (3D tisk)	52
6.2	Bezpečnost	56
6.3	Vize budoucnosti.....	59
7	LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY A NORMY	61
7.1	Regulace v ČR.....	61
7.2	Regulace v EU	64
8	SYSTÉMOVÝ ROZBOR	67
8.1	SWOT Analýza	67
8.2	What-if analýza pro začlenění Průmyslu 4.0 do průmyslového podniku	76
8.3	Analýza rizik pomocí FMEA.....	77
9	ZHODNOCENÍ A DISKUZE	89
10	ZÁVĚR	91
11	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	93
12	SEZNAM OBRÁZKŮ	96
13	SEZNAM TABULEK	97

1 ÚVOD

Od Velké průmyslové revoluce, ke které došlo v 19. století, představuje průmyslová výroba jeden nejdůležitějších a nejvýznamnějších výrobních sektorů. Průmyslová výroba je velice podstatná pro všechny další sektory, které jsou na průmyslových výrobcích doslova závislé. Zemědělská výroba, specializované průmyslové sektory ani služby by nemohly efektivně fungovat, potažmo existovat, nebýt průmyslu.

Jako se vyvíjelo a modernizovalo samotné lidstvo, docházelo k intenzivnímu vývoji také v rámci jednotlivých sektorů, v průmyslové výrobě nevyjímaje. Průmyslová výroba prošla za dobu své existence velkými a razantními změnami a poměrně intenzivním vývojem. Od jednoduchých strojů probíhal vývoj k pásové výrobě a ke vzniku složitých a technologicky vyspělých strojů.

V současné moderní a technologicky vyspělé době odborníci hovoří o nástupu čtvrté průmyslové revoluce neboli průmyslu 4.0. Pod těmito pojmy se skrývá tkví označení současného trendu digitalizace. Digitalizace průmyslové výroby s sebou podle odborníků přinese silnou automatizaci průmyslové výroby, a tím i mnoho dalších důsledků, pozitivních i negativních.

Mezi pozitivní důsledky této průmyslové transformace lze zařadit zvýšenou rychlost výroby a snížené ekonomické investice do ní. Jelikož by měly být průmyslové stroje schopné ve výsledku samostatné výroby, nemusí podniky zaměstnávat tak velké množství zaměstnanců. Bude zapotřebí pouze několik jedinců, kteří budou stroje ovládat, korigovat a v případě potřeby opravovat. To sebou však přinese i negativní důsledky v podobě změn na trhu práce, kdy mnoho jednotlivců o práci přijde.

Jakési základy čtvrté průmyslové revoluce lze vyzorovat již v roce 2011. O skutečném vzniku průmyslu 4.0 lze hovořit v roce 2013, kdy byla poprvé představena vize o podnicích, které by využívaly digitalizované a kybernetické výroby. Stroje by měly nahradit lidský element při aktivitách, které stojí na jednoduchých a neustále se opakujících se činnostech. To by samozřejmě vedlo k tomu, že lidé nekvalifikovaní by přišli o svoji práci, a na trhu práce by došlo k silným změnám. Firmy by změnilly svoji poptávku, a začaly by hledat kvalifikované a odborné pracovní síly.

O jakých konkrétních systémech je v případě čtvrté průmyslové revoluce řeč? Zavádět by se měly systémy využívající metod strojového vnímání, autokonfigurace a autodiagnostiky a počítačového spojení strojů a dílů. Produkty i průmyslové stroje budou opatřeny čipy, prostřednictvím kterých je bude možné kontrolovat a obsluhovat přes internet. Dále budou využívána cloudová úložiště, 3D tisk, datová centra, automatické hlášení problémů či „chytré sklady“, které samy informují o docházejících zásobách.

Závěrečná práce se bude zabírat všemi aspekty týkající se čtvrté průmyslové revoluce. V první kapitole vlastní práce bude pozornost soustředěna na historii a zásadní transformace, ke kterým docházelo v průběhu lidské historie v rámci průmyslové výroby. Konkrétně budou vyzdvíženy zásadní události, ke kterým v průmyslové výrobě došlo, a bude sepsána historie průmyslu jakožto zásadního výrobního sektoru.

V druhé kapitole již bude pozornost zaměřena na samotný pojem „digitalizace průmyslové výroby“ a jeho synonyma v podobě průmyslu 4.0 či čtvrté průmyslové revoluce. Nejprve budou tyto pojmy důkladně definovány a objasněny, a následně se práce bude věnovat i historickým aspektům jeho vzniku. Dále bude zhodnoceno, do jaké míry je v současné době digitální průmyslová revoluce rozšířena v rámci České republiky, a jak v rámci zbylých států světa.

V rámci třetí kapitoly vlastní práce bude rozebrán vývoj jednotlivých metod digitální průmyslové revoluce, a soustředit se budeme také na otázky bezpečnosti nových technologií. Také budou zhodnoceny vize budoucnosti. Jinými slovy se závěrečná práce pokusí na základě dostupných poznatků zhodnotit a odhadnout, jakým směrem se bude průmyslová výroba v následujících letech nebo desetiletích ubírat.

V následující kapitole budou rozebírány legislativní rámci a opatření, které se v České republice digitalizací průmyslové výroby zabírají, a které ji právními prostředky regulují. Ve stejném duchu se práce bude zaměřovat i na legislativní rámce na úrovni Evropské unie. Digitalizace průmyslové výroby představuje zcela novou technologii, která by měla v blízké budoucnosti nahradit stávající metody užívané v průmyslové výrobě, a z toho důvodu musí být pro tyto nové technologie vytvořena odpovídající právní legislativa, která by mohla být zároveň aplikovatelná i do skutečné výrobní praxe, a současně by mohla reflektovat i s digitalizací spojené sociální změny. Pro vytvoření právních a regulačních podmínek pro úspěšnou implementaci je zapotřebí vycházet z již aktuálního a fungujícího rámce strategických dokumentů a předpisů.

Zvládnutí provozu nových technologií v současných průmyslových podnicích je na základě výzkumů velkou výzvou výrobních firem. Trend zavádění tzv. smart zařízení nebo vestavených umělých inteligencí znamená, že mnoho výrobních segmentů budou využívat senzory pro sběr dat a jejich poskytování v reálném čase. S digitalizací a automatizací výrobních procesů jsou spojeny také hrozby, které je třeba včas identifikovat a minimalizovat tak dopady s nimi spojených rizik. Z toho důvodu budou v práci uvedeny a vysvětleny základní metody užívané pro řešení různorodých problémů a řešení. Tyto metody budou následně vyhodnoceny.

Hlavním cílem této závěrečné práce bude rozbor současného stavu vědy a techniky v oblasti digitalizace výroby. Bude sepsána rešerše relevantních norem a legislativních požadavků EU/ČR. Dále bude cílem provést systémový rozbor řešené problematiky, navrhnout a zdůvodnit zvolený způsob metody analýzy rizik, a jednotlivé metody zhodnotit. Dále vytvoření systémové analýzy vzniklého stavu a navržené řešení.

K sepsání závěrečné práce bude využito široké škály primárních i sekundárních literárních zdrojů, které budou doplněny o legislativní rámce České republiky a Evropské unie. Výsledkem by se měl stát ucelený přehled týkající se tématu digitalizace průmyslové výroby, který bude sepsán na základě nejnovějších poznatků z této problematiky.

2 MOTIVACE

Hlavním důvodem pro výběr tématu „Analýza rizik digitalizace výroby v průmyslovém podniku“ bylo mé osobní zaujetí pro tuto práci v rámci této problematiky. Jelikož se v případě „digitalizace průmyslové výroby“ jedná o fenomén současné moderní doby, dochází každým rokem k neustálému vývoji a novinkám v rámci tohoto sektoru, a bylo by podle mého uvážení vhodné vytvořit ucelený literární přehled, který by se na fenomén digitalizace průmyslové výroby díval ze všech možných úhlů, a vycházel z poznatků co nejnovějších.

Při zkoumání počtu akademických prací bylo navíc zjištěno, že těch, které by se prozatímně věnovaly čistě čtvrté průmyslové revoluci neboli průmyslu 4.0 existuje poměrně malé množství. Z toho důvodu se autor závěrečné práce domníval, že by bylo jistě přínosné tuto problematiku vlastnoručně řešit.

Každým rokem navíc dochází k zavádění nových digitálních technologií do podniků a výroben stále více vyspělých států světa, a v některých státech je tento fenomén již poměrně rozšířený. Subjektivně mě zajímalo, do jaké míry jsou digitální technologie v současné době zavedeny v rámci českých podniků a firem. Zda se jedná o novinku, která se teprve začíná „tu a tam“ objevovat v českých podnicích, nebo patří Česká republika k moderním a průmyslově vyspělým státům Evropské unie, ve kterém se již jedná o technologii používanou četně a běžně.

V případě digitální výroby se navíc jedná o trend, který se bude neustále vyvíjet a rozvíjet, nevymizí. A jelikož právě nynější populace byla svědkem zrodu těchto technologií, pak je jistě žádoucí o tom následné generace podrobněji informovat.

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

„Pojmem Průmysl 4.0 se označuje současný trend automatizace a výměny dat v technologickém procesu výroby. Tento pojem zahrnuje kyberneticko-fyzikální systémy, internet věcí a také „cloudové“ zpracování informací.“ [1].

Pojem Průmysl 4.0 (Industry 4.0) lze nazvat též příviskem „čtvrtá průmyslová revoluce“ nebo „digitalizace průmyslové výroby“. Všechny zmíněné názvy pojmenovávají trend současné moderní doby, kdy jsou stávající průmyslové metody a systémy nahrazovány různorodými kyberneticko-fyzikálními systémy, které mají za úkol zjednodušit a urychlit průmyslovou výrobu.

Jedná se především o rozvoj digitalizace a automatizace výroby. S těmito kroky souvisejí pozitivní i negativní aspekty. Negativním aspektem je zásadní změna na trhu práce, ke které dojde poté, co budou metody a systémy související se čtvrtou průmyslovou revolucí zavedeny do převažujícího množství podniků a firem. Robotizované a digitalizované stroje a systémy totiž nahradí nekvalifikovanou lidskou pracovní sílu. Ve výsledku bude velké množství lidí propuštěno, a na trhu práce budou vyžadováni lidé s odbornou kvalifikací. Takovou, která by jim dovozovala obsluhovat, korigovat a opravovat výrobní stroje.

Ze všeobecného hlediska však robotizace a digitalizace přináší především pozitiva, jako je citelná úspora času na výrobu výsledných produktů, úspora finančních prostředků za strany firem, které sice budou muset vynaložit zvýšené počáteční investice do pořízení si systémů, nicméně bez takového množství zaměstnanců dojde postupem času k jejich úspoře. Zavedení systémů a digitalizovaných strojů tak ve výsledku firmám přináší zvýšení jejich flexibility a konkurenceschopnosti.

Celý koncept Průmyslu 4.0 může být jinými slovy chápán jako přechod od využívání samostatných, od sebe izolovaných, počítačových systémů k využívání integrované a úzce propojené sítě, v rámci, které spolu navzájem mohou komunikovat jednotlivé podnikové subjekty (respektive dodavatelé, výrobci, odběratelé, jednotlivé složky konkrétního výrobce). Průmysl 4.0 představuje úplné propojení všech výrobních prvků prostřednictvím moderních technologií. Důležitou roli sehrává kybernetika, umělá inteligence a internet, prostřednictvím kterého dochází k propojení fyzického a virtuálního prostor.

Výsledkem bude vznik nových globálních sítí založených na propojení kyberneticko-fyzických systémů neboli CPS (Cyber Physical Systems). Ty budou představovat základní prvky inteligentních továren, schopné vzájemné výměny informací. Systémy budou schopny vyměňovat si informace nejen mezi svými jednotlivými složkami, ale i s ostatními systémy v jiných továrnách. Výsledkem se tak stane vznik globálně propojeného systému firem a informací.

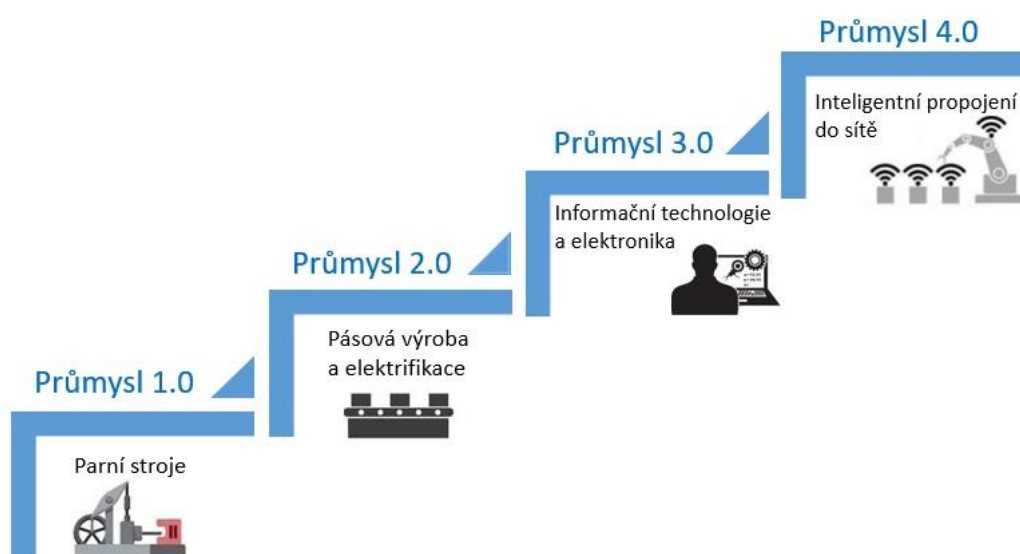
4 HISTORIE A TRANSFORMACE PRŮMYSLOVÉ VÝROBY

Nežli bude pozornost zaměřena na historický vývoj průmyslu a průmyslové výroby, je potřeba vysvětlit několik zásadních pojmů, jako je průmysl, průmyslová výroba nebo průmyslová revoluce.

Pod pojmem *průmysl* nebo *průmyslová výroba* je chápáno označení pro všechny výrobní činnosti, při kterých jsou pomocí technologií, tedy využitím konkrétních výrobních prostředků a konkrétních výrobních postupů, získávány a zpracovávány základní suroviny, ze kterých vznikají konečné výrobky. Průmyslové výrobky mají široké využití, ať již v průmyslu a zemědělství, ve kterých představují konkrétní výrobní prostředky (obráběcí stroje, výrobní automaty, těžební stroje, stavební stroje, zemědělské stroje), nebo jsou využívány ve službách, a to při výrobě potravy, nábytku nebo spotřebičů do domácnosti [2].

Druhým pojem, který zde bude vysvětlen je „průmyslová revoluce“. Pod tímto pojmem se mohou ukrývat dva spolu navzájem související, ale významově rozdílné pojmy. Prvním pojmem je „průmyslová revoluce“ s malým počátečním písmenem, která má označovat všeobecný popis nějaké zásadní změny, ke které v průmyslové výrobě během lidské historie došlo. Průmyslovou revolucí jsou popisována období, pro která je charakteristická nějaká významná a masivní změna v rámci průmyslové výroby [2].

V současné době se podle odborníků ve světě odehrává tzv. čtvrtá průmyslová revoluce, kterou je právě Průmysl 4.0 a zavádění robotiky a digitalizace do průmyslové výroby. V rámci historie došlo tedy k dalším 3 masivním změnám v dosavadní průmyslové výrobě, které navždy změnily podobu průmyslového odvětví (viz Obr. 1).



Obr. 1: Čtyři prozatímní průmyslové revoluce.

Zdroj: datamix.eu

Pod pojmem *Průmyslová revoluce* s velkým počátečním písmenem je chápána první a nejvíce výrazná revoluce, která průmyslovou výrobu zasáhla koncem 18. a především v 19. století. Do Průmyslové revoluce v rámci celosvětového hospodářství převažovala zemědělská výroba. Pokud byly průmyslové výrobky vyráběny, pak k tomu docházelo v malých a soukromých dílnách, ve kterých majitelé všechny výrobní procesy dělali ručně nebo za pomoci svých zdokonalovacích zařízení [2].

Výrobky vznikaly dlouho a ve velmi malém počtu. Průmyslová revoluce pojmenovává právě onen přerod od manufakturní výroby průmyslových výrobků k sériové výrobě v podnicích, které k tomu byly specializovaně vybavené stroji, které byly poháněny novými zdroji ve výrobě energie [2].

Zásahu na první průmyslové revoluci měly především nové a moderní vynálezy a pokrok ve vědě a technologii. Dopad na lidstvo měla první průmyslová revoluce nezměrný a podle vědců se jednalo o jedno z nejvýznamnějších období lidských dějin [3].

Jak konkrétně docházelo k transformaci v rámci průmyslové výroby, a jaké byly nejdůležitější okamžiky celého průmyslového odvětví bude zmíněno v následujících podkapitolách.

4.1 PRVNÍ PRŮMYSLOVÁ REVOLUCE

První průmyslová revoluce je mnohými literárními zdroji nazývána také *Anglickou průmyslovou revolucí*, a to z toho důvodu, že právě v té době nejvyspělejší stát světa, Anglie, je považována za kolébku vzniku všech velkých a zásadních změn v průmyslové výrobě, a místem, odkud se nové vynálezy a pokročilé vědecké a technologické poznatky začaly šířit do celého zbylého světa [4].

Ještě v 18. století v rámci hospodářství všech států světa převažovalo zemědělství. Zemědělství bylo pradávým zdrojem obživy, později i výroby a zdrojem finančních příjmů. A existenci průmyslu, jako samostatného hospodářského odvětví, se ještě v 18. století nedalo hovořit [4].

Průmyslové výrobky vznikaly prostřednictvím manufakturních dílen, vznikaly v jednotkovém nebo desítkovém řádu a samozřejmě vznikaly velmi pomalu. Výrobci průmyslových výrobků dědili um od svých předků, a předávali jej svým potomkům, popřípadě lidem, kteří o něj projevíli zájem. Existovaly cechové podniky a společenství, které sdružovaly jedince ovládající konkrétní řemeslnou činnost, ale ani ty nedokázaly pokrýt potřebnou poptávku po zboží [4].

Ve druhé polovině 18. století zažily svůj největší rozmach centralizovanější a odbornější manufakturní dílny, ve kterých již docházelo k dělbě práce mezi jednotlivými pracovníky a do kterých byly postupem času zaváděny jednoduché stroje usnadňující průmyslovou výrobu. To umožnilo, že pro výkon povolání, pro které bylo dříve zapotřebí celoživotní praxe, mohly být po krátkém školení zaměstnávány i ženy nebo dokonce děti. Tím docházelo k postupnému vytlačení historického modelu, kdy v konkrétním řemeslném cechu fungovali mistři, kteří pod sebou měli na zaučení jednotlivé tovaryše. Tento model byl vystřídán kapitalistickým konceptem, kdy majitel začal zaměstnávat zaměstnance [3, 4].

Za jakýsi oficiální počátek Velké průmyslové revoluce je považován rok 1785, ve kterém anglický vynálezce *Edmund Cartwright* sestrojil první mechanický stroj na výrobu tkanin. Neustále narůstající počet vynálezů, vědecký a technologický pokrok ve spojení s řadou dalších objevů v chemii, fyzice, strojírenství, v metalurgii a v dalších odvětvích, vedlo k postupným změnám ve středověkých nastaveních průmyslové výroby [4].

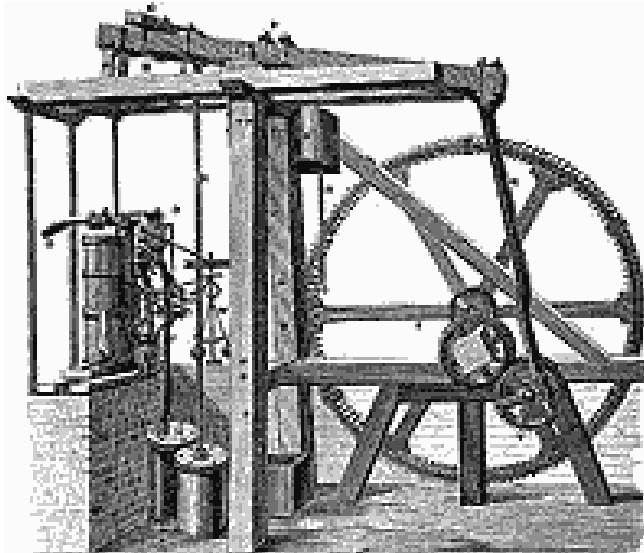
Celá revoluce vygradovala v první polovině 19. století, kdy byly stále intenzivněji těženy nerostné suroviny, které sloužily nejen jako průmyslová surovina, ale také jako zdroj energie, rozvíjela se doprava a infrastruktura [4, 5].

Začaly vznikat průmyslové továrny, kde byly průmyslové výrobky vyráběny již ve velkém množství, a v těchto podnicích začal fungovat již zmíněný kapitalistický model hierarchické postavení – zaměstnavatel a zaměstnanec. Průmyslová revoluce způsobila mimo jiné i to, že se lidé začali ve velkém stěhovat z venkova do měst [5].

Na venkově nebyly k dispozici pracovní příležitosti, největší roli zde stále sehrávalo zemědělství, a proto lidé začali hledat pracovní uplatnění ve městech, kde docházelo k markantní poptávce po pracovní síle. Tím se začala města rozvíjet a především zvětšovat, jelikož pro zaměstnance továren vznikaly celé nové městské obvody. Díky masivnímu nárůstu městského obyvatelstva se začaly rozvíjet i služby. Právě ty spolu s průmyslem zažívaly veliký rozkvět, jelikož dělníci a jejich rodiny potřebovali k životu mnoho různých služeb [5].

Právě díky první průmyslové revoluce došlo také k dalšímu podstatnému sociálnímu jevu, kterým byl vznik jednotlivých společenských tříd. Ve společnosti docházelo ke striktnímu vymezování hierarchických sociálních vrstev, tzv. sociální stratifikaci, která byla založena na dělbě práce. Zaměstnavatelé, vlastníci továren a podniků, představovali vyšší společenskou třídu, která byla typická dobrým ekonomickým i sociálním postavením ve společnosti. S tím se také pojí vznik negativního trendu, kterým je sociální nerovnost [6].

Za nejvýznamnější symbol a vynález první průmyslové revoluce je zpravidla považován parní stroj, který byl sestaven již roku 1765 anglickým vynálezcem J. Watterem, viz Obr. 2. V případě prvního parního stroje se jednalo se o zařízení, které fungovalo na principu kondenzace syté páry ve válci, a následné využití síly vyvolané podtlakem k čerpání vody [4].



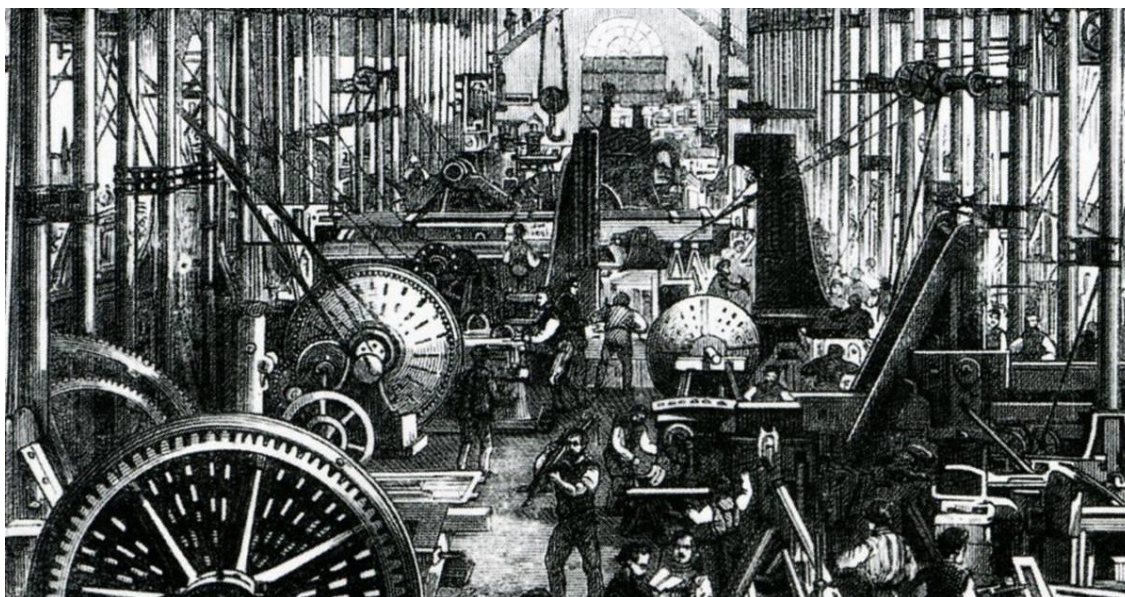
Obr. 2: První parní stroj.
Zdroj: converter.cz

Pro celé 19. století a zejména první průmyslovou revoluci se právě vynález parního stroje stal nejdůležitějším zdrojem energie, a to ve všech odvětvích. Především byl tento vynález však využíván právě v průmyslové výrobě, a poté v rámci dopravy. Z toho důvodu se celému devatenáctému století přezdívá „století páry“. To jen podtrhuje význam a důležitost tohoto stroje v lidských dějinách [4].

O tom, že byl parní stroj několik let po svém sestavení již běžnou součástí všech moderních strojů svědčí i fakt, že v rámci dopravy 19. století předsedaly především vlaky, které byly poháněny parními lokomotivami, na vodních plochách se začaly objevovat velké lodě a parníky, které byly taktéž poháněny parními motory. Do průmyslové výroby byly parní stroje také poměrně rychle začleněny [5].

V podnicích bylo možné se běžně setkat s nejrůznějšími stroji a zařízeními, které byly poháněny díky parním výparům z centrálního parního stroje. Také do zemědělství se parní stroje efektivně začlenily. V 19. století bylo možné se na polích setkat s prvními parními traktory, oračkami nebo mlátičkami. Ty pomáhaly výrazně zefektivnit zemědělskou produkci a práce, které byly dříve vykonávány lidmi, byly nyní schopné vykonávat stroje [5].

V průmyslové výrobě docházelo k intenzivnímu rozvoji parního zdroje. Začaly vznikat i již specializované stroje a zařízení, která byla založena na podobném principu jako parní stroj, nicméně došlo k jejich konstrukční specializaci. U těchto přístrojů byla využívána přímočará hnací síla, která byla na konkrétní specializované zařízení přenášena prostřednictvím pístu klasického a původního parního stroje. Konkrétně lze hovořit o vzniku parních kladiv, parních bucharů nebo parních lisů. Tyto nástroje, které byly dříve ovládané pouze lidskou silou, nyní získaly zdroj energie z parního stroje, díky čemuž se nemuseli již lidé tolik namáhat, a navíc byly stroje schopné výrazně zefektivnit průmyslovou výrobu [5].



Obr. 3: Průmyslová výroba 19. století.
Zdroj: storymag.cz

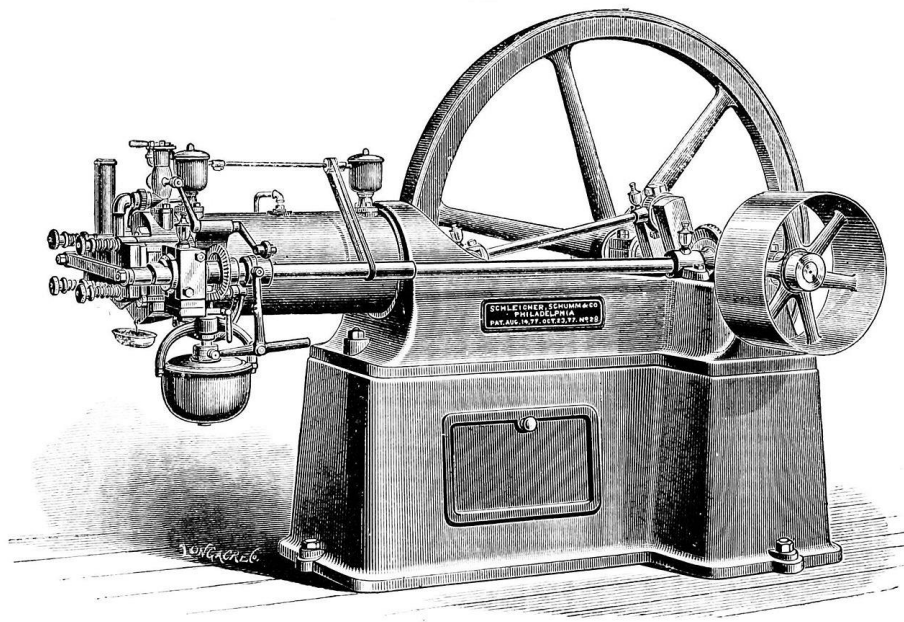
4.2 DRUHÁ PRŮMYSLOVÁ REVOLUCE

Stejně, jako je 19. století a první průmyslová revoluce nazývána stoletím nebo revolucí páry, je i přelom 19. a 20. století nazýváno obdobím vědecko-technickým. Druhá průmyslová revoluce, která je nazývána vědecko-technickou revolucí, se odehrála koncem 19. století až počátkem 20. století. Z datace lze vidět, že došlo k přirozenému a rychlému vývoji na poli průmyslovém a technologickém, jelikož první průmyslová revoluce byla okamžitě vystřídána druhou průmyslovou revolucí, a to téměř bez jakékoliv časové odmlky [7].

Jako byl pro první průmyslovou revoluci typický vynález parního stroje, pro druhou průmyslovou revoluci se stalo významnými hned několik velice významných vynálezů. Prvně to byla elektrifikace, která započala vynalezením žárovky (1879), za kterou byl zodpovědný

vynálezce T. A. Edison, pokračovala vynálezem N. Tesly, který umožnil využití střídavého proudu, a skončila úplným nahrazením parního zdroje zdrojem elektrickým [4].

Další podstatnou novinkou a symbolem druhé průmyslové revoluce se stala pásová výroba průmyslových výrobků, kterou poprvé na světě nechal zabudovat do svého průmyslového podniku H. Ford roku 1870. Mimoto vzniklo mnoho významných elektrických přístrojů, které jsou využívány i v současné době. Kupříkladu to byl první telefon, za který byl zodpovědný A. G. Bell nebo sestavení prvního spalovacího motoru N. Otto roku 1876, viz Obr. 4 [7].



Obr. 4: První spalovací motor.
Zdroj: wikiwand.org

Průmyslová výroba zažívala koncem 19. a počátkem 20. století markantní rozmach. Oproti první průmyslové revoluci, došlo během druhé průmyslové revoluce k trojnásobnému nárůstu v rámci průmyslové výroby. Typickým jevem pro druhou průmyslovou revoluci se také stalo, že docházelo ke stále bližšímu propojování jednotlivých vědeckých a technických oborů, a nové znalosti, které byly taktéž typické pro přírodní vědy, začaly být intenzivně uplatňovány a využívány v rámci průmyslové výroby.

Díky vysokému technickému pokroku, dělbě práce, a především mechanizaci práce došlo v průmyslových podnicích ke všeobecnému nárůstu produktivity a efektivity práce. K tomu významně přispěl objev nových zdrojů, ze kterých bylo možné získávat elektrickou energii. Jednalo se kupříkladu o energii získávanou z vody, nebo o energii získávanou ze spalovacích motorů [8].

Získávaná elektrická energie byla nadále využívána k osvětlování výrobních prostor, k pohonu průmyslových strojů, k pohonu městské hromadné dopravy, a po dalším technickém

vývoji sloužila také pro pohon žehliček, praček a dalších drobných přístrojů. Spalovací motory představovaly velmi významný vynález, který postupně plně nahradil parní nebo elektrické automobily, motocykly a další stroje podobného ražení. Ve 20. století byly spalovací motory zabudovávány i do letadel [8].

Mimo technologické vynálezy došlo k významným objevům i na poli přírodních věd, nejvíce pak v oblastech souvisejících s chemií. Díky těmto novým poznatkům, mohly být vynalezeny mnohé nové materiály, látky nebo sloučeniny, které následně byly implementovány do průmyslové výroby [8].

Další markantní změnou, kterou sebou přinesla druhá průmyslová revoluce a souvisela přímo s průmyslovou výrobou, se stala stále silnější centralizace a monopolizace stávajících podniků. Trh již nebyl plný malých podniků a firem, které vyráběly průmyslové výrobky v malém měřítku. V této době naopak docházelo ke splývání těchto malých podniků ve velké firmy, které měly za cíl zcela ovládat a kontrolovat trh v odvětví, ve kterém působily [8].

S průmyslovou revolucí, dělbou práce, zvyšováním mezd, vzdělanosti, a potřebou lidí vkládat a úročit své vydělané peníze došlo také k silnému rozvoji na poli bankovníctví. I na další sféry měla revoluce velice příznivý a blahodárny vliv. Docházelo k rozvoji tisku, k rozmachu filmařského nebo fotografického průmyslu, a všech ostatních kulturních a zábavných životních složek [8].

Jak konkrétně vypadala průmyslová výroba za druhé průmyslové revoluce, tedy koncem 19. století a počátkem 20. století, je možné vidět na níže uvedeném obrázku, viz Obr. 5.



Obr. 5: Průmyslová výroba 20. století.
Zdroj: auto-mania.cz

4.3 TŘETÍ PRŮMYSLOVÁ REVOLUCE

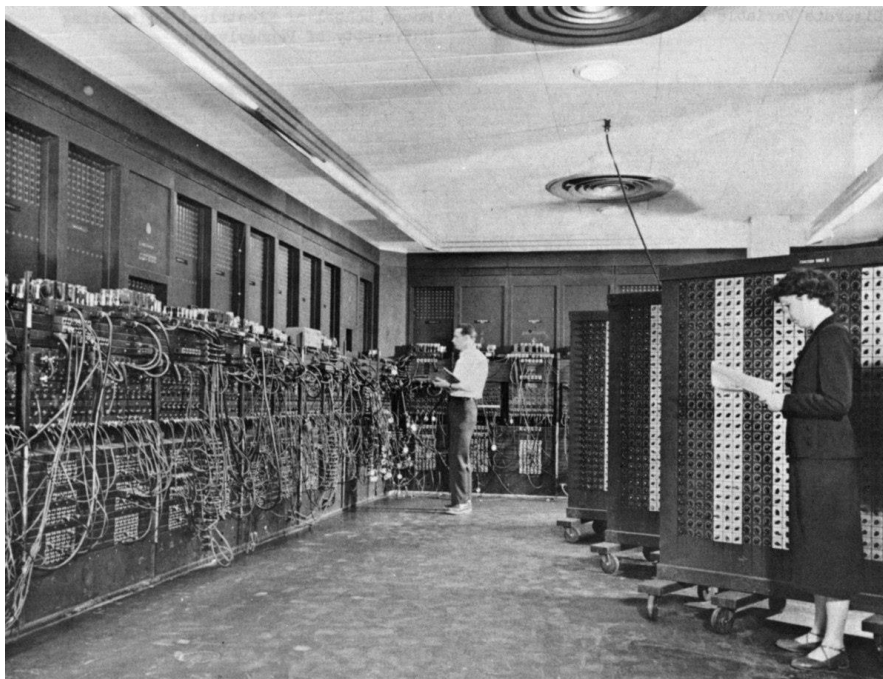
Počátek třetí průmyslové revoluce je zařazován zhruba do období 60. let 20. století. Třetí průmyslová revoluce je nazývána opět vědeckotechnickou, kybernetickou, digitální nebo počítačovou revolucí. Právě na třetí průmyslové revoluci lze nejjasněji vidět, jak jsou všechny jednotlivé revoluce spolu úzce spjaty, a že by jedna bez druhé nemohly vůbec existovat a vzniknout.

Byla to totiž právě elektrifikace a rozvoj elektrických přístrojů během druhé průmyslové revoluce, které představovaly základní kámen pro průmyslovou revoluci třetí, počítačovou. Z cela logicky jsou spolu také spjaty i jednotlivé obory, které by jeden bez druhého neměly význam a tu správnou efektivitu. Právě prolínání vědy, techniky a průmyslu umožnilo významný rozvoj a rozmach v rámci přírodních a technických věd, a současně s tím i v rámci výzkumu.

Jak již bylo řečeno, druhá průmyslová revoluce trvala zhruba do 30.let 20. století. Několik následujících desítek let fungovala průmyslová výroba i další odvětví na principech položených při rozmachu druhé průmyslové revoluce. Avšak v 60. letech 20.století začalo docházet k prvním zásadním objevům, tentokrát se však nejednalo o evropské vynálezy, nýbrž o vynálezy, které začaly být uváděny v život ve Spojených státech amerických [8].

O hlavní postavení se při třetí průmyslové revoluci zasloužily především počítače, a dále automatizace výrobního procesu. Tyto dvě proměnné jsou charakteristické pro průmyslovou výrobu druhé poloviny 20. století [8].

První počítače byly vyvinuty ve Spojených státech amerických, ve 40. letech 20. století. Tyto přístroje byly zprvu určeny především pro armádní účely, byly velice drahé a obrovské. První počítače měřily několik metrů a jeden počítač zabíral klidně i několik místností (viz Obr. 6). Nicméně byl v počítačích viděn za strany expertů silný potenciál, a tak se intenzivně pracovalo na jejich vývoji, konkrétně na zlepšení výkonu a jejich zmenšení. Zásadní roli v této úloze sehrála americká společnost IBM, která již v roce 1981 představila široké veřejnosti první typ osobního počítače [9].



Obr. 6: První počítač.
Zdroj: wikipedia.org

Dá se říci, že skutečná průmyslová revoluce třetí generace odstartovala v 70. letech 20. století. V té době sice již počítače existovaly, nicméně nesplňovaly potřebné parametry (velký výkon, dostatek funkcí a malou velikost).

Právě v 70. letech vznikl první programovatelný článek PLC, který představoval řídicí jednotka pro automatizaci procesů v reálném čase. Tento objev umožnil vznik a rozmach automatizovaných výrobních linek, umožnil zmenšování počítačů a jejich následné masové šíření po celém světě. V této době, kdy naplno zuřila tzv. studená válka, američtí odborníci pracovali na vývoji decentralizované počítačové sítě, která by nemohla být vyřazena z provozu nepřáteli. Díky tomu vznikl roku 1987 internet [9].

Byl to především vývoj počítačů, a vylepšení jejich výkonu, efektivity i velikosti, který stál za jejich markantní implementací do průmyslové výroby. Díky zavedení počítačů do průmyslové výroby mohlo dojít k následné robotizaci a automatizaci celého průmyslového odvětví [9].

Také v rámci jiných hospodářských oblastí došlo během třetí průmyslové revoluce ke značným a někdy i markantním změnám.

Jednou z nich byla kupříkladu i energetika, ve které došlo k zásadním objevům ohledně znalosti atomového jádra a jaderné energie, díky čemuž mohlo dojít k rozvoji prvních jaderných elektráren, které jsou i v současné době typické svojí vysokou výkonností. Velkých změn bylo dosaženo i v rámci dopravy. Zde již došlo k úplnému nahrazení parních dopravních prostředků těmi s elektrickým nebo spíše těmi se spalovacím motorem. Parní vlaky byly nahrazeny soupravami se spalovacím nebo elektrifikovaným motorem, vznikla výkonná letadla se spalovacími motory, která byla schopná velmi vysokého doletu, celosvětově byly budovány husté silniční a dálniční sítě, jelikož se nejvíce využívaným dopravním prostředkem stal osobní automobil [4, 7].



Obr. 7: Průmyslová výroba na konci 20. století.
Zdroj: mmspektrum.com

5 PRŮMYSL 4.0 A DIGITALIZACE

5.1 DEFINICE POJMU

Průmysl 4.0 neboli digitalizace průmyslové výroby představuje termín, který je v současné době využíván pro popis čtvrté průmyslové revoluce, která byla odstartována po počátku 21. století, zhruba od roku 2013, a měla by být dokončena v rámci blízké budoucnosti.

Tato revoluce si klade za cíl přetransformovat průmyslovou výrobu z dosavadních vzájemně oddělených a nepropojených automatizovaných linek v síť plně propojených a vzájemně integrovaných elektronických zařízení v rámci každého průmyslového podniku. V nedávné minulosti, a u většiny průmyslových podniků i v současné době představuje průmyslový podnik sice plně automatizovanou, a v některých případech i převážně robotizovanou výrobní jednotku, ve které si každý výrobní okruh, každý přístroj „žije svým vlastním životem“.

Propojovacím prostředníkem mezi jednotlivými výrobními úseky nebo i přístroji byli vždy lidé, kteří mezi sebou museli navzájem komunikovat a informovat se o tom, k jakým novinkám v jejich výrobním oddílu došlo, nebo jaký se vyskytl problém [1, 2, 3].

Pojem Průmysl 4.0 charakterizovala podle svého i několik významných průmyslových společností. Jednou z nich je kupříkladu McKinsey, která uvedla, že *„naše společnost definuje průmysl 4.0 jako digitalizaci zpracovatelského sektoru výroby, se senzory virtuálně zabudovanými ve všech součástkách výrobku a výrobních zařízeních, se všude zavedenými kybernetickými systémy a s analýzou veškerých relevantních dat“* [10].

Další společností, která se tento pojem snažila definovat, je společnost Deloitte Suisse, která ve svém prohlášení uvedla, že *„průmysl 4.0. je ztotožňován se 4. průmyslovou revolucí a vyznačuje se těmito prvky: 1. Vertikálním propojením chytrých výrobních systémů; 2. Horizontální integrací vytvořenou pomocí nové generace sítí tvorby hodnoty, včetně jejich integrace; 3. Celý hodnotový řetězec je inženýrsky propojen; 4. Zrychlení jeho fungování je dosahováno pomocí exponenciálních technologií“* [11].

Účelem čtvrté průmyslové revoluce, a především digitalizace je právě všechna zařízení, všechny jednotlivé výrobní okruhy, a popřípadě i všechny podniky mezi sebou důsledně propojit v jeden velký vzájemně integrovaný organismus. Digitalizace průmyslové výroby jinými slovy představuje vzájemnou konektivitu lidí, nástrojů, strojů, výrobků a všech aktivních prvků v rámci konkrétního průmyslového podniku, a to samozřejmě v reálném čase, bez sebemenších časových prodlev [1, 2, 3].

Digitalizace průmyslové výroby spočívá v zavedení několika nejmodernějších technologií do každého v současné době fungujícího podniku, a jejich následné propojení v jednu globální síť. Průmyslové továrny a podniky, které se rozhodnou digitalizovat svoji výrobu mohou očekávat rychlejší, levnější, efektivnější a kvalitnější výrobu svých produktů.

Propojen by měl být nejen celý konkrétní podnik, ale i podniky mezi sebou, včetně všech dalších subjektů, kteří jsou do fungování podniků zahrnovány (dodavatelé, odběratelé, logistické objekty, skladové prostory, aj). Čtvrtá průmyslové revoluce představuje přirozený krok, kterým se musí světová průmyslová výroba vydat, a firmy, které tuto změnu podstoupí, získají na trhu velkou konkurenční výhodu.

Pojem „Průmysl 4.0“ byl poprvé použit v rámci dokumentu, který byl k dispozici v rámci průmyslové výstavy v Hannoveru, ke které došlo roku 2013. Nicméně tento termín byl použit již v roce 2011 [12].



Obr. 8: Hlavní princip Průmyslu 4.0 je propojenost všech subjektů v průmyslovém podniku v jeden celistvý systém, který spolu reaguje.

Zdroj: prumysl-4.cz

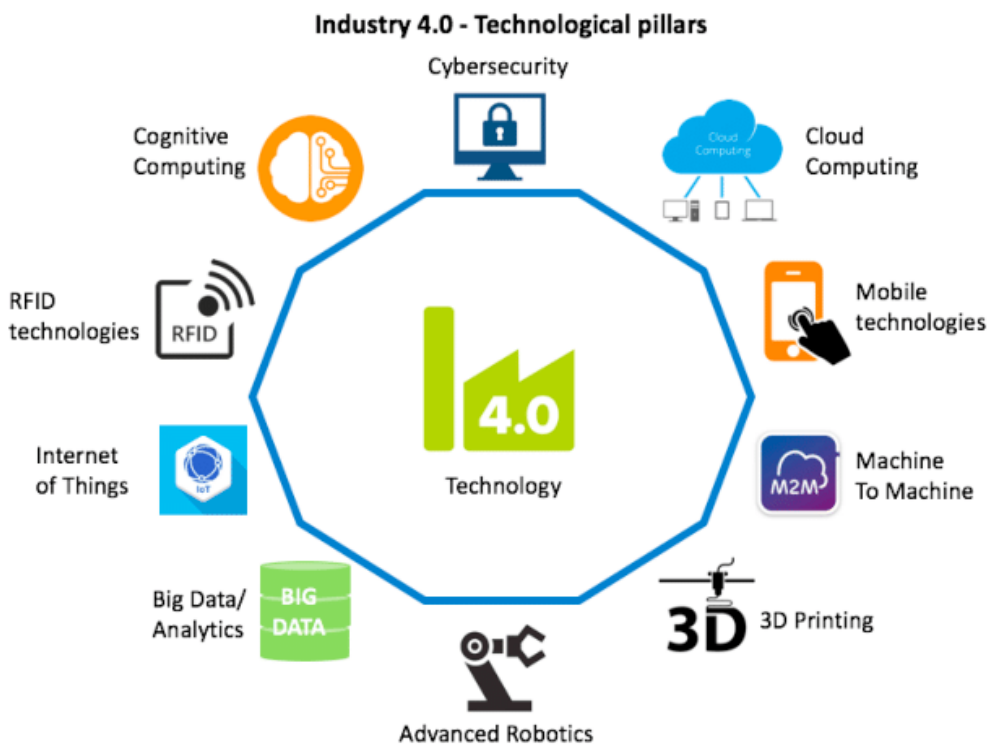
Celá myšlenka Průmyslu 4.0 stojí na základech rozhodování a následného řízení, do kterého budou zapojeny jednotlivé systémy v podobě průmyslových podniků. Do celé koncepce je však nutné zahrnout i další, neprůmyslová, odvětví, z vnějšího prostředí podniků, jako je například energetické, ekologická, logistická nebo obchodní stránka. Za komerčně využívanou formu čtvrté průmyslové revoluce lze chápat i v současné době již fungující technologie, kterými jsou chytré domy, chytrá města nebo elektromobily [3].

Z jakého důvodu je podle odborníků více než potřebné transformovat současnou podobu průmyslové výroby? Hlavním účelem a vizí čtvrté průmyslové revoluce, a s ní spojené digitalizace a robotizace průmyslové výroby, je přizpůsobit současnou nabídku produktů a služeb klientům přesně na míru na míru. K tomu je však zapotřebí disponovat odpovídajícími výrobní procesy a strukturou výroby [12].

Všeobecně lze celou myšlenku Průmyslu 4.0 chápat jako blízké propojení lidí a zařízení prostřednictvím kybernetického prostoru. Internet v současné době představuje globální prostředek, který disponuje celosvětovým dosahem, i rozsahem. Navíc stále dochází k rozšíření jeho využití v praxi. Je to právě rozvoj internetu, a jeho služeb, který sebou přinesl i vývoj nových, a na internetu závislých „chytrých“ technologií [12].

Co se konkrétních změn v průmyslové výrobě s příchodem čtvrté průmyslové revoluce týče, jedná se především o [12], viz Obr. 9:

- intenzivní zavádění autonomních robotů do jednotlivých procesů průmyslové výroby (tzv. robotizaci průmyslové výroby),
- vzájemné propojení přístrojů skrz internet věcí,
- využívání cloudových úložišť pro uchovávání dat a cenných informací,
- simulaci výroby,
- využívání virtuální reality pro plánování výroby,
- využívání technologicky vyspělých strojů a systémů v rámci výroby, jako jsou 3D tiskárny nebo digitální dvojčata.



Obr. 9: Základní technologické pilíře konceptu Průmysl 4.0.
Zdroj: medium.com

Všechny výše uvedené technologie mají několik věcí společných. Jedná se o vysoce moderní a vyspělé záležitosti, které pro svůj provoz využívají zejména internet [12].

Pro shrnutí lze říci, že hlavní myšlenky čtvrté průmyslové revoluce v podobě konceptu Průmysl 4.0 pramení z nutnosti transformovat průmyslovou výrobu ze svých doposud zcela samostatně fungujících součástí, na plně automatizovanou výrobní linku, která nebude pro svůj provoz vyžadovat pozornost, nebo alespoň z zcela minimální, ze strany lidí.

5.2 HISTORIE

Čtvrtá průmyslová revoluce se odehrává v současné době, a bude trvat nejméně dalších 10-30 let, než bude úspěšně dokončena ve většině světových mocností [10]. Jaké jsou základní myšlenky konceptu Průmysl 4.0 bylo zmíněno v předcházející kapitole. V této kapitole bude pozornost zaměřena na vývoj čtvrté průmyslové revoluce a na nejvíce zásadní okamžiky, které se již v tomto procesu odehrály.

Úplné prvopočátky čtvrté průmyslové revoluce lze datovat již do 70. let 20. století. Právě v těchto letech totiž vypukla tzv. studená válka mezi západním blokem v čele se Spojenými státy americkými a východním blokem v čele se Sovětským svazem. Jak je známo, ačkoliv tento konflikt nese označení „válka“ nedošlo mezi těmito mocnostmi nikdy k otevřenému válečnému konfliktu, ale bojovalo se, a především soutěžilo, ve všech dalších nevojenských sférách [9].

Bylo již zmíněno, že ačkoliv vývoj počítačů začal ve Spojených státech amerických již ve 40. letech 20. století, byl velmi zásadně bržděný „bojem“ mezi Spojenými státy americkými a Sovětským svazem. Konflikt se nicméně neustále vyostřoval, až do bodu, kdy si začaly obě mocnosti hrozit jadernými zbraněmi, a předhánět se v jaderném zbrojení. Jelikož celý svět očekával, že opravdu dojde k otevřené válce, pracovali američtí vědci na vybudování počítačové komunikační sítě, která by nebyla řízená z jednoho konkrétního místa, a tudíž by nemohla být napadena nepřítelem. Komunikační síť by navíc byla schopná plynulého provozu i potom, co by byla její konkrétní část zničena nebo poškozena. Díky tomu spatřil roku 1987 světlo světa internet [9].

Právě internet představuje základní kámen celé koncepce Průmyslu 4.0, a tím i čtvrté průmyslové revoluce. Díky objevu internetu totiž může dojít k propojení kybernetického prostoru s průmyslovou výrobou, čímž se výroba stane nejen mnohem více efektivní, ale i globálně propojenou [12].

Internet se stal od roku 1994 komerčně a celosvětově využívanou záležitostí, která neustále nabývala na svém významu. Svého plného rozmachu a obliby si internet začal užívat od konce 90. let 20. století, dosahoval nárůst uživatelů internetu markantních rozměrů. V současné době je internet využíván lidmi po celém světě, a pokud budeme hovořit o počtu uživatelů internetu, pak se jedná o řád miliard. Tím ale využití internetu zdaleka nekončí. Na internetu mohou lidé nejenom hledat všechny možné informace, nakupovat nebo spolu vzájemně komunikovat pomocí dat, ale k internetu je v současné době napojeno velké množství různých strojů, zařízení a věcí, a přes internet dnes fungují všechny významné i každodenní platby, transakce i systémy. Tím dochází k úzkému prolínání reálného a virtuálního světa, které disponuje zásadním potenciálem [2].

Koncem 90. let 20. století začaly moderní řídicí systémy, které v sobě kombinovaly informační systémy, a tradiční automatizační techniku. Tyto systémy pomohly citelně usnadnit integraci různých disciplín řízení skrze etablované metody využívané v IT odvětví [13].

Na místo již zmíněných tradičních programovatelných automatů, které byly označovány jako PLC (*Programmable Logic Controller*), začaly vznikat programovatelné automaty PAC (*Programmable Automation Controller*) spolu s průmyslovými počítači (IPC). Obě tyto proměnné disponovaly rozhraními pro komunikační sítě i ovladači pro databáze, které umožňovaly přístup k informacím na úrovni provozního řízení, a následně s těmito informacemi manipulovat. a sdílet je. V současné době jsou tyto systémy již nedílnou součástí všech přístrojů, strojů a zařízení [13].

Dalším zásadním okamžikem se stal průmyslově využívaný Ethernet, který nahradil do té doby využívané proprietární sítě stejně rychlým, ale univerzálně akceptovaným systémem komunikace. Ethernet je v současné době již využíván převážnou většinou průmyslových přístrojů. Pro uskutečnění „podniku řízeného informacemi“ zásadní měrou taktéž přispívají počítačové softwary na úrovni HMI (*Human-Machine Interface*), MES (*Manufacturing Execution System*) a MOM (*Manufacturing Operations Management*), [13].

Pojem Průmysl 4.0 (v originále Industrie 4.0) byl poprvé použit již v roce 2011. V té době se jednalo napůl o koncept, napůl o iniciativu. Vize a základní myšlenky tohoto konceptu byly veřejnosti představeny Fraunhoferovým ústavem a německou spolkovou vládou za podpory významných německých průmyslových asociací a firem. Koncept Industrie 4.0 popisoval budoucnost průmyslové výroby, kde by docházelo k blízkému vztahu mezi informacemi v digitální podobě a průmyslovou výrobní technologií [13].

Koncepce Průmysl 4.0 byla jako hightech platforma oficiálně představena široké veřejnosti na technologické výstavě Hannover Messe v roce 2013. O necelé dva roky později již tato koncepce získala také politicko-společenský aspekt. Vize digitalizovaného průmyslu vyvolala velký zájem široké veřejnosti i odborných médií v rámci celého světa, i Evropy, Českou republiku nevyjímaje [13].

Iniciativa Průmysl 4.0 je mnoha odborníky nicméně v mnoha ohledech považována za tzv. černou labuť. Pojem „černá labuť“ lze definovat jako překvapivé události s velkým vlivem na další vývoj v konkrétním odvětví, které jsou pak následně lidmi často až nepatřičně racionalizovány. V současné době se koncept Průmysl 4.0 mnohým jeví jako přirozený důsledek předchozího průmyslového vývoje [14].

5.3 ZAVÁDĚNÍ KONCEPTU VE SVĚTĚ A V ČR

Intenzita a rychlost zavádění technologií, které patří do konceptu Průmyslu 4.0 se může v různých koutech světa v současné době značně odlišovat. Některé státy již v současné době disponují převažujícím podílem firem, které jednu nebo i několik technologických postupů konceptu již v současné době mají ve výrobních zavedenou, a některé státy světa jsou konceptem Průmyslu 4.0 doposud zcela nepolíbené.

Z toho důvodu bude pozornost této kapitoly zaměřena na zhodnocení stupně současné integrace technologií konceptu Průmysl 4.0 v rámci jednotlivých zemí světa, a pak samozřejmě na také na to, jak čtvrtá průmyslová revoluce doposud zasáhla české průmyslové podniky a výroby.

- **Průmysl 4.0 ve světě**

Při hodnocení současné průmyslové úrovně jednotlivých světových mocností je potřebné zmínit dvě zásadní fakta, se kterými je potřebné počítat. Prvním faktem je, že na světě existují veliké a zásadní rozdíly ve vyspělosti jednotlivých států. Na jedné straně stojí vyspělé světové velmoci (Spojené státy americké, Kanada, Austrálie, západoevropské a středoevropské státy, některé z asijských států) a na druhé straně země rozvojové (jihoamerické státy, středoamerické státy, africké státy, některé země blízkovýchodní a některé ze zemí asijských).

Z toho vyplývá druhý fakt, kterým je, že jednotlivé světové státy měly rozdílné výchozí postavení pro zavádění technologií konceptu Průmysl 4.0. Některé vyspělé velmoci již některé z technologií měly zavedené v době vzniku konceptu, některé státy nedisponují dostatečnou ekonomickou ani hospodářskou úrovní na to, aby technologie mohly ve velkém zavést do svých podniků.

Na základě dosavadních trendů, názorů odborníků a ekonomické situace jednotlivých světových států byla vytvořena níže uvedená mapa (viz Obr. 10), na které je poukázán očekávaný vývoj koncepce Průmysl 4.0, a zavádění jejích jednotlivých technologií v jednotlivých zemích světa mezi léty 2021 až 2026.

Z přiloženého grafického znázornění je patrné, že velký vývoj Průmyslu 4.0 a rychlé zavádění jejích technologií do průmyslových podniků je očekáván v Austrálii, na Novém Zélandu, Indonésii, Japonsku, Číně, Indii a dalších jižních a východních státech asijského kontinentu. Jakýsi střední vývoj je očekáván v Severní Americe (Kanadě a Spojených státech amerických) a v evropských zemích. Pomalé zavádění technologií koncepce je očekáváno u zemí tzv. rozvojových (africké země, Madagaskar, země Blízkého východu, Jižní a střední Amerika).



Obr. 10: Očekávaný vývoj koncepce Průmysl 4.0 v jednotlivých zemích světa mezi léty 2021-2026.
Zdroj: [15]

Pro ukázkou si zde uvedeme dvě světové mocnosti, které disponují vhodnými podmínkami pro zavádění nových technologií Průmyslu 4.0 do svých průmyslových podniku. Jmenovitě se bude jednat o USA a Japonsko.

Kupříkladu z průzkumů nezávislých agentur vyplývá, že ve Spojených státech amerických využívá alespoň některou z technologií koncepce Průmysl 4.0 v současné době zhruba 60 % velkých průmyslových podniků. Nejčastěji se jedná o technologie cloudových úložišť (65 %), pokročilé analýzy velkých dat (60 %) a internet věcí (60 %). Umělá inteligence je nyní využívána 45 % průmyslových podniků, 3D tisk 43 % a virtuální realita zhruba ze 42 % [16].

Silnou pozici na poli robotiky a mechanizace již historicky zaujímá Japonsko, které v nedávné době zažilo velký ekonomický propad. Z toho důvodu se japonská vláda rozhodla následovat německý vzor, a ještě více intenzivně se zaměřit se rozvoj konceptu Průmysl 4.0. Japonsko i přes současné potíže představuje ideální zemi pro rozvoj koncepce Průmysl 4.0, a to především díky úrovni jejího vývoje, automatizace a digitalizace. V roce 2015 ohlásila japonská vláda „robotickou revoluci“, která si klade za cíl, vytvořit z Japonska oficiální velmoc robotiky [17].

- **Průmysl 4.0 v České republice**

V České republice má průmysl, zejména jeho strojírenské a elektrotechnické odvětví, již dlouholetou tradici a české výrobky jsou po celém světě známy svojí vysokou kvalitou. V posledních několika desetiletích je však český průmysl ohrožen, a to především díky globalizaci umožněnému importu levných a většinou i méně kvalitních výrobků z Číny. Levné výrobky z asijských zemí začaly díky otevřenému světovému obchodu zaplavovat trhy všech evropských i světových zemí.

Z tohoto důvodu může být právě přechod českého průmyslu na technologie a systémy charakteristické pro Průmysl 4.0 opravdu zásadní záležitostí. Tímto krokem by mohly české průmyslové firmy získat potřebnou konkurenční výhodu nad asijskými zeměmi, které odkážou ve velkém množství importovat velice rychle velké množství méně kvalitních průmyslových výrobků. Prozatímní konkurenční výhodou čínských firem je, že dokážou pokrýt trh masovým množstvím zboží, a to za velice příznivé ceny.

Evropské, respektive české firmy nejsou v těchto otázkách schopné asijským firmám konkurovat. Avšak stránkou, kde mohou české průmyslové podniky těm asijským do zásadní míry konkurovat, je kvalita výrobků, výroba na zakázku a na míru zákazníkovi, a v případě zavedení technologií a systémů Průmyslu 4.0 i rychlostí dodání hotového zboží.

Podle výše uvedeného konceptu již v současné době operuje mnoho velkých českých průmyslových podniků, zejména těch, které se specializují na automobilovou výrobu. Ku příkladu největší český výrobce aut, Škoda Auto, již v současné době nevyrábí osobní vozidla sériovým způsobem, kdy každé auto, které vyjelo z výrobního pásu vypadalo stejně a mělo stejné parametry.

V současné době každé auto, které je v automobilovém závodě Škoda Auto sestavováno, má již v době své výroby daného konkrétního majitele, kterému je vůz vyráběn přesně na míru. Poměrně rychle tak vznikla vysoce individualizovaná výroba vozidel, které nemohou asijské automobilky konkurovat, a nejsou schopny z geografických důvodů tuto koncepci zařadit i do své výroby.

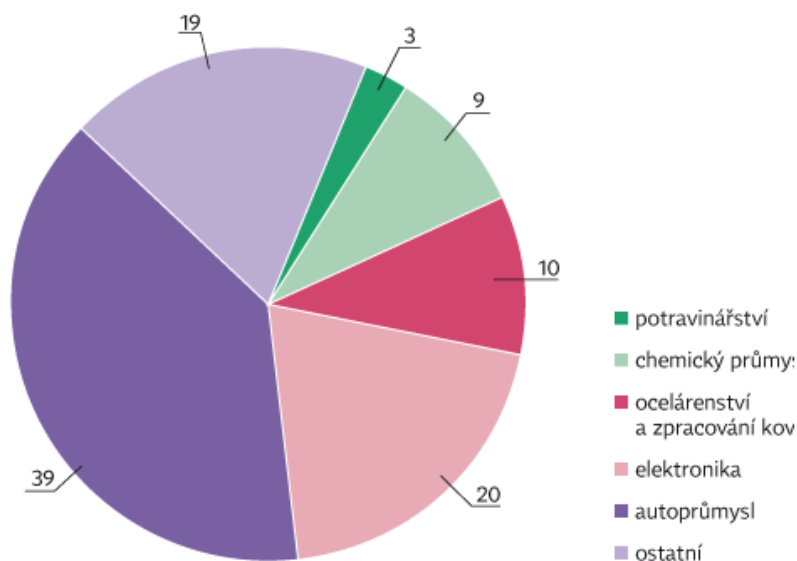
Z příkladu Škody Auto lze vidět, že hlavní výhodou českých podniků se může stát právě flexibilita těchto firem, a schopnost zákazníkovi vyrobit výrobek přesně na míru. Zavedení technologií a systémů charakteristických pro Průmysl 4.0, jako je robotizace, by mohlo přispět i k navýšení rychlosti, a tím snížit vliv asijského průmyslové trhu.

Do jaké míry je však koncepce Průmyslu 4.0 již v současné době v rámci českých podniků implementována?

Podle výsledků výzkumu, který byl proveden Světovým ekonomickým fórem, skončila v průzkumu potenciální výtěžnosti technologií a systémů typických pro koncepci Průmyslu 4.0 Česká republika na 6. místě. Do výzkumu bylo přitom zahrnuto sto zemí z celého světa. To z České republiky dělá poměrně vyspělou zemi v oblasti moderních průmyslových technologií. Výsledný žebříček poukazuje na současnou situaci průmyslové výroby, ale i rychlost, jakou se trend koncepce Průmyslu 4.0 v konkrétní zemi daří zavádět do průmyslové výroby [18].

Vysokého hodnocení, a šesté příčky v oblasti Průmyslu 4.0 dosáhla Česká republika zejména díky vlivu automobilového průmyslu. Právě pro český automobilový průmysl je příznačný vysoký podíl rozvinutého průmyslu. Lze říct, že české firmy se aktivně zapojily do implementace nejmodernějších průmyslových trendů do své výroby, čímž se snaží o zajištění si své konkurenceschopnosti [19].

Podíl robotizace podle odvětví v ČR (v %)



Zdroj: Mezinárodní federace robotizace

Obr. 11: Úroveň robotizace v jednotlivých průmyslových odvětvích ČR k roku 2017.
Zdroj: ekonom.cz

Na evropském kontinentu se v roce 2019 nacházelo až 65 procent zemí, ve kterých byl počet robotů v přepočtu na 10 tisíc zaměstnanců nad hodnotami světového průměru. Světový průměr na základě výzkumu Mezinárodní federace robotiky představuje 69 robotů na 10 tisíc zaměstnanců [20].

Co se týče konkrétně České republiky, zde byl v roce 2017 počet robotů v přepočtu na 10 tisíc zaměstnanců ustanoven na 93 robotů. To z České republiky udělalo dvanáctou nejvíce robotizovanou zemi v rámci členských zemí Evropské unie a devatenáctou nejvíce robotizovanou zemi v rámci celého světa [20].

Koncepce Průmyslu 4.0 je v rámci České republiky v současné době prosazována zejména v některých konkrétních průmyslových odvětvích. Jedná se především o odvětví

automobilové, farmaceutické, logistické nebo slévárenské. Reálná zkušenost českých firem s koncepcí Průmysl 4.0 je podle průzkumů nezávislých organizací prozatím na poměrně nízkých hodnotách. Se zaváděním konkrétních technologií a systémů Průmyslu 4.0 má prozatím zkušenost zhruba třetina českých průmyslových podniků [20].

Polovina z oslovených firem, které uvedly, že mají zkušenosti s implementací koncepce uvedla, že se konkrétně jednalo o datovou integraci se svými obchodními partnery, 45 % oslovených podniků uvedlo, že konkrétně implementovalo do své výroby analýzu interních dat (big data), a stejné procento uvedlo, že se jednalo o technologii počítačové virtualizace a simulace. Aditivní výrobu (kupříkladu 3D tisk) implementovalo do své výroby zhruba 41 % společností [20].

V rámci výzkumu poradenské společnosti EY, která bylo roku 2017 provedena v rámci 64 významných českých výrobních společností bylo také zjištěno, že [20]:

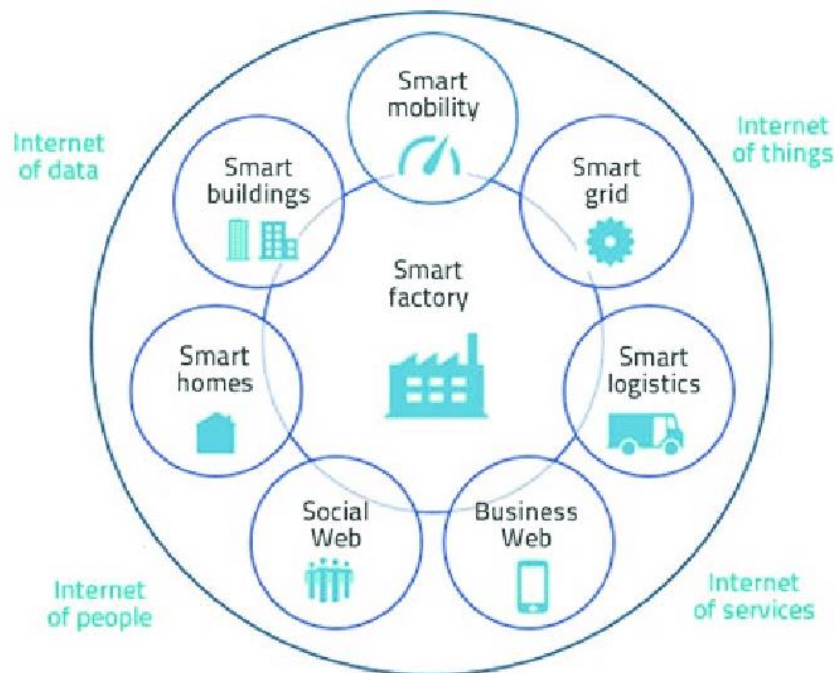
- Až 85 % českých výrobních společností vnímá potenciál Průmyslu 4.0 pozitivně, reálné zkušenosti však zatím pokulhávají.
- 59 % výrobních firem plánuje v příštích třech letech investovat do technologií a nástrojů Průmyslu 4.0; 36 % chce do té doby na základě vlivu Průmyslu 4.0 výrazně změnit svůj aktuální byznys model.
- 34 % výrobních podniků má zkušenosti se zaváděním konkrétních technologií a nástrojů Průmyslu 4.0, polovina společností již implementovala datovou integraci s obchodními partnery jakožto nástroj Průmyslu 4.0; 62 % se chystá v nadcházejícím roce implementovat analýzu interních dat (big data).
- 60 % výrobních společností považuje za nejužitečnější krok podpory čtvrté průmyslové revoluce ze strany státu definování plánu investičních pobídek.
- Pro 57 % podniků je největší překážkou implementace Průmyslu 4.0 nedostatek kvalifikovaného personálu.

6 VÝVOJ A BEZPEČNOST PRŮMYSLU 4.0

6.1 ZÁKLADNÍ TECHNOLOGIE

Hlavní myšlenka Průmyslu 4.0 je založena především na intenzivním pokroku v rámci informačních technologií. Informace jsou v současné době k dispozici v podobě digitálních dat, a prostřednictvím internetových sítí je umožněno jejich vzájemné sdílení a další využívání.

Na základě konceptu Průmysl 4.0 by měly v blízké budoucnosti na místě současných firem vznikat tzv. chytré továrny („smart factories“, viz Obr. 12), které by již měly plně fungovat na základě principů Průmyslu 4.0 [3].



Obr. 12: Koncept chytré továrny.
Zdroj: researchgate.com

Hlavní podstatou, na které bude průmyslová výroba v rámci chytrých továrnách, položena, je vzájemné propojení reálných fyzických objektů (strojů, zařízení, robotů, výrobků nebo lidí) se světem virtuálním, ve kterém bude každý fyzický předmět vyobrazen ve své virtuální podobě, a jej fyzické chování bude simulováno softwarovým modulem [3].

Základním a nepostradatelným prvkem takových továren budou kyberneticko-fyzické systémy (tzv. Cyber-Physical Systems, CPS). Tyto moderní systémy dokážou sloučit výpočetní techniku a fyzickou interakci s reálným světem. V chytrých továrnách budou jednotlivé a doposud zcela autonomní fyzické jednotky navzájem propojeny prostřednictvím internetu [3].

V takovém propojení bude každý fyzický předmět disponovat svojí vlastní IP adresou. Takové propojení je v současné době známé jako *Internet věcí* (tzv. Internet of Things, IoT). Softwarové moduly představující fyzické jednotky budou v kybernetickém prostoru spolu vzájemně komunikovat, spolupracovat, a řídit svoje individuální služby [3].

Chytré továrny budou postaveny na několika hlavních a moderních systémech a technologiích. Takových, které odpovídají konceptu Průmysl 4.0. Hlavní principy, na kterých bude založeno fungování inteligentních továren, budou zejména [3]:

- Interoperabilita – Představuje schopnost jednotlivých složek (kyberfyzických systémů, lidí, řídicí složky chytré továrny jako takové) vzájemně spolu komunikovat, a to především prostřednictvím využití Internetu věcí.
- Virtualizace – Představuje vznik virtuálního modelu celé chytré továrny prostřednictvím propojení digitálních dat, které budou získány ze senzorů. Ty budou monitorovat skutečné procesy.
- Decentralizace – Jednotlivé kyberneticko-fyzické systémy v chytré továrně budou schopny samy vyhodnocovat momentální situaci, a v případě potřeby budou schopny samostatného rozhodování.
- Fungování v reálném čase – Komunikace mezi zařízeními, lidmi a výrobky bude prostřednictvím dat zajištěna, analyzována a vyhodnocena okamžitě, bez časových prodlev. Díky okamžité komunikaci budou moci jednotlivé složky chytré továrny činit okamžitá a autonomní rozhodnutí.
- Orientace na služby – Služby budou poskytovány prostřednictvím Internetu služeb.
- Modularita – Chytré továrny budou flexibilní, a budou se umět přizpůsobovat měnícím se požadavkům zákazníků, a to nahrazením nebo rozšířením stávajících modulů.
- Vertikální i horizontální integrace výrobních systémů – Vertikální integrace výrobních systémů znamená, že bude nastoleno informační provázání napříč všemi proměnnými v rámci podniku. Horizontální integrace výrobních systémů znamená, že dojde k informačnímu prolínání informací v rámci dodavatelsko-odběratelského řetězce.

V následujících podkapitolách se pozornost práce zaměří na jednotlivé technologie, které jsou konceptem Průmysl 4.0 již využívány nebo budou v blízké budoucnosti využívány chytrými továrnami. Těmi nejvýznamnějšími technologiemi je Internet věcí, využívání cloudových úložišť, využívání koncepce „Big data“, robotizace, rozšířená (virtuální) realita, sensorika a aditivní výroba (3D tisk), [3].

6.1.1 Internet věcí

Myšlenka propojit navzájem přístroje, zařízení či nástroje je poměrně stará, ale právě současná moderní doba představuje v této problematice skutečný průlom, a to díky internetu věcí (anglicky *Internet of Things*, pod zkratkou IoT).

Podle technologických odborníků představuje právě Internet věcí naši budoucnost, která disponuje velikým potenciálem. Tento mechanismus by mohl náš současný svět přetvořit do podoby, kterou si nyní dokážeme jen těžko představit. Co si tedy můžeme pod tímto pojmem zjednodušeně představit?

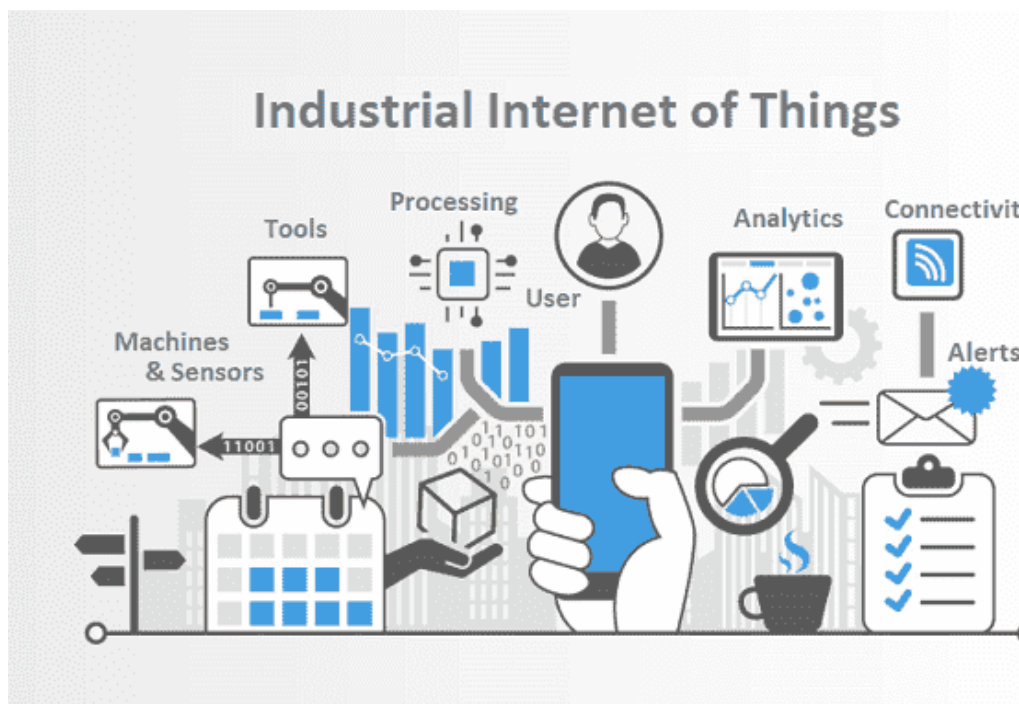
Laicky řečeno se jedná o vzájemné propojování zařízení či přístrojů prostřednictvím internetu. Tyto konkrétní nástroje pak budou schopné jak samostatného vykonávání svých činností, pro které byly stvořené, ale také budou moci díky Internetu věcí spolu navzájem komunikovat a spolupracovat. Dojde tak k síťovému propojení všech, nejen „chytrých“ zařízení, včetně předmětů určených pro každodenní a běžnou potřebu (kuchyňské spotřebiče, automobily, centrální systémy domácností, ale i menších a drobnějších předmětů, od budíku po květiny), [21].

Problematika Internetu věcí se v současné době stává velice zajímavou technologickou oblastí, které je věnována stále větší pozornost. Využít tuto technologii mohou v budoucnu všichni, jednotlivci i velké podniky, ba dokonce celé země. Právě díky silnému potenciálu a široké škále využití se o tento mechanismus začíná v poslední době zajímat čím dál tím více subjektů. Pochopit systém a myšlenku Internetu věcí však může být pro širokou a neodbornou veřejnost dosti problematické a náročné, jelikož se jedná o velmi složitou a rozsáhlou technologii.

Nejčastěji používanou definicí se však v současné době stala definice, která vznikla za vzájemné spolupráce dvou největších světových organizací, které se právě rozvojem internetu věcí zabývají. Těmito organizacemi konkrétně jsou IERC (European Research Cluster on the Internet of Things) a ITU (Internet of Things Global Standards Initiative).

Definice těchto dvou největších podniků v oboru technologie Internetu věcí pak zní, že „internet věcí je dynamická globální síťová infrastruktura, s možností vlastního nastavení svých schopností, založená na standardních a interoperabilních komunikačních protokolech, kde fyzické i virtuální „věci“ mají své identity, fyzické atributy a virtuální osobnosti, a používají inteligentní rozhraní a jsou bezproblémově integrovány do systému informační sítě. V širší perspektivě může být internet věcí vnímán jako vize s technologickými a společenskými dopady. Z pohledu technické standardizace může být internet věcí považován za globální infrastrukturu pro informační společnost, umožňující pokročilé služby fyzickým i virtuálním propojováním věcí na základě stávajících a vyvíjejících se informací a komunikačních technologií“ [22].

Podle české oficiální organizace, která se zabývá osvětlením technologie internetu věcí široké veřejnosti, pak internet věcí představuje „sít fyzických zařízení, vozidel, domácích spotřebičů a dalších zařízení, která jsou vybavena elektronikou, softwarem, senzory/čidly a hlavně síťovou konektivitou. Ta umožňuje těmto zařízením se navzájem propojit a vyměňovat si data“ [23].



Obr. 13: Základní princip Internetu věcí v průmyslových podnicích.
 Zdroj: cbia.com

V případě Internetu věcí jedná o poměrně novou technologii, a je velmi pravděpodobné, že za pár let se již setkáme s dalšími a významnějšími pozitivy, které zavedením technologie vzniknou a budou nově využívány. Narůst může nejen spektrum činností, při kterých se bude internet věcí aktivně využívat, ale také i množství oborů, v rámci, kterých se bude tato technologie využívat.

Během posledních 10 let popularita internetu věcí strmě a velmi rychle narůstá. Rapidně narůstají počty zařízení připojených k internetu, a i širší veřejnost se začíná o tuto problematiku aktivně zajímat. Stále častěji se nejen na odborném technologickém poli rojí diskuse, které se zabývají především tím, jak se bude celá oblast internetu věcí v budoucnu vyvíjet, a jaká konkrétní využití internetu věcí můžeme v budoucnosti očekávat.

Technologie internetu věcí v současné době nachází své uplatnění ve všech oblastech lidských životů. Přeci jen je to logické, jelikož s nejrůznějšími systémy, které fungují na bázi internetu a mobilní sítě můžeme vidět na každém našem kroku, a konkrétních odvětví, v rámci, kterých se internet věcí využívá, je už v současné době nepřehledné množství.

Každým dnem se navíc ve světě objevují stále novější a novější řešení, která mají právě běžným občanům usnadnit jejich každodenní životy. Odvětví, v rámci, kterých se internet věcí v současné době využívá, můžeme rozdělit na dva hlavní segmenty [23]:

- **Průmyslový internet věcí.**
- **Spotřebitelský internet věcí.**

Hlavním cílem „průmyslového internetu věcí“ je usnadňovat chod nejrůznějších průmyslových odvětví. Zavedení internetu věcí do průmyslových odvětví a průmyslové výroby má za cíl zefektivnit tuto sféru, nastartovat nové období ekonomického růstu a zvýšit konkurenceschopnost jednotlivých průmyslových objektů, potažmo i celých průmyslových společností. Nutné je také zmínit, že průmyslových odvětví, ve kterých je využíváno technologie internetu věcí, je v současné době velmi široké spektrum.

6.1.2 Cloudová úložiště

Prvotní myšlenka cloudových úložišť vznikla na základě snah propojit dva počítače prostřednictvím sítě, tak aby mezi sebou mohly počítače na dálku sdílet konkrétní data a přenášet si je, s úplnou absencí jakýchkoliv datových nosičů. O největší rozvoj cloudové technologie se zasloužil značný vývoj na poli virtualizace, která umožňuje vytvoření kopií aplikace nebo celého operačního systému, které všechny využívají stejný hardware, ale využívají jej efektivněji a najednou [24].

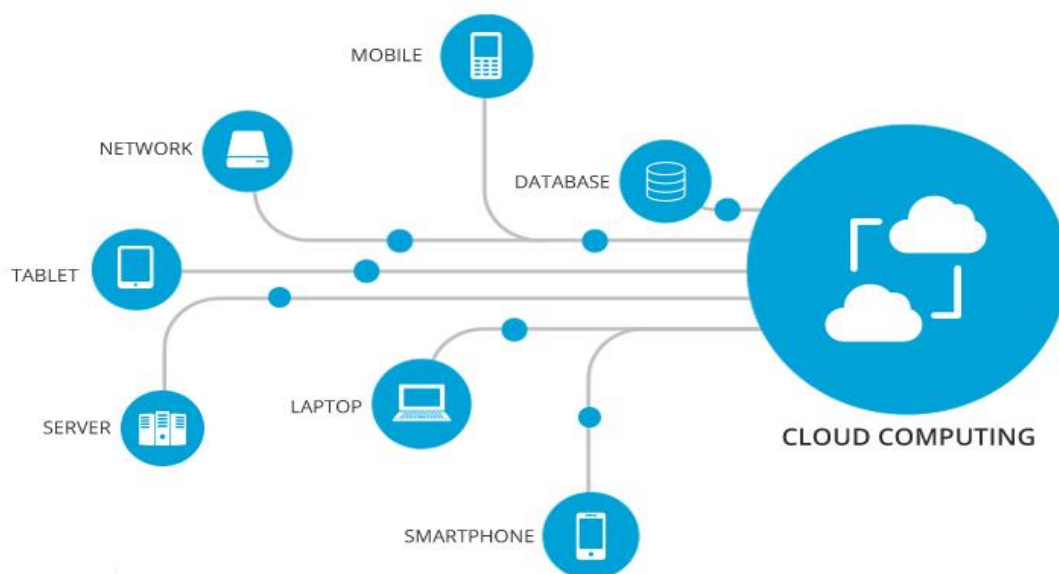
Co si můžeme pod pojmem *cloud* nebo *cloudové úložiště* konkrétně představit? Jak zní oficiální definice těchto technologických pojmů? S pojmy *cloud* nebo *cloud computing* se v současné době můžeme setkat poměrně často, a mnoho lidí, kteří nepracují v technologickém oboru ani netuší, co si pod tímto pojmem představit.

Za prvé je nutné zmínit, že stále ještě neexistuje žádná jednotná odborná definice této problematiky, která by byla používána napříč celým světem. Každý odborník ve svých publikacích uvádí svou vlastní definici, k čemuž přispívá i to, že se v případě *cloudu* jedná o poměrně složitou a abstraktní problematiku.

Jedna z definic *cloud computingu* zní: „*Cloud představuje poskytování služeb či programů uložených na serverech poskytovatele, k nimž zákazník (uživatel) přistupuje na dálku a v zásadě odkudkoliv. Uživatelé cloudu typicky neplatí za vlastní technologie, tj. za nákup hardwaru a softwaru, ale za jeho užití. Platí tak pouze v té míře, v níž cloudové technologie používají*“ [25].

Další odborná publikace popisuje pojem *cloud* jako „*termín, který se používá pro popis globální sítě serverů, z nichž každý má svoji funkci. Cloud není fyzický objekt, ale rozsáhlá síť vzájemně propojených vzdálených serverů po celém světě, které fungují jako jeden ekosystém. Tyto servery jsou navrženy buď k ukládání a správě dat, spouštění aplikací, nebo doručování obsahu a služeb. Místo přistupování k souborům a aplikacím z místního nebo osobního počítače k nim přistupujete online z jakéhokoli zařízení s podporou internetu – informace tak budou dostupné kdekoli a kdykoli je budete potřebovat*“ [26].

Cloudové úložiště jinými slovy představuje službu, která je schopná a vymyšlená právě pro ten účel, přenášet v kyberprostoru informace v podobě dat. Tato data pak mohou být stažena na jiné „chytré“ zařízení, jinými slovy jsou pro koncové uživatele ke stažení právě v kyberprostoru. Spravování cloudových serverů mají na starosti konkrétní společnosti, kterých v současné době v rámci kybernetického prostoru figuruje velmi vysoké množství. Za poplatek se tyto podniky o uložená data a o dostupnost těchto dat starají. Cloudové servery nejsou určeny pouze pro velké podniky či nadnárodní společnosti, využívat je může každý běžný uživatel [27].



Obr. 14: Fungování cloud computingu.
Zdroj: universalwebserver.com

V případě technologie Internetu věcí technologie cloud computingu umožňuje přístup k aplikacím, které jsou napojeny na chytré telefony, které ovládají konkrétní jedinci. Do cloudových serverů jsou posílány data z jednotlivých přístrojů, které jsou součástí technologie Internetu věcí. V případě Internetu věcí jsou data za zařízení umisťována mimo místní počítač, do cloudového serveru. Můžeme si jej představit jako „datové centrum“ [28].

Z jakého důvodu je tato technologie tolik populární, a jaké jsou její výhody oproti klasickým lokálním úložištím dat [28]?

- Hlavní výhodou cloudového úložiště dat představuje jeho flexibilita. Uživatel platí pouze za ten výpočetní výkon a uložená data, která skutečně využije. Neočekávané zvýšení zátěže nevede k nedostupnosti poskytovaných služeb vůči zákazníkům.
- Přesunutím dat do cloudového úložiště může uživatel citelně snížit náklady na pořízení a údržbu hardwaru i softwaru, a v případě firem či podniků také na lidské zdroje v IT oddělení.
- Cloud uživatele chrání před ztrátou dat v důsledku lokální katastrofy, jako jsou požár, záplava nebo i neodborná manipulace daty pracovníky.
- Do cloudu může uživatel jednoduše zapojit koncová zařízení pracující na platformách Windows či Linux, včetně těch mobilních jako je iOS nebo Android.

Ačkoliv se jedná v současné době o velmi využívanou možnost uložení dat uživateli, je nutné počítat i s některými nevýhodami této možnosti. Mezi ty největší nevýhody konkrétně řadíme [28]:

- Uživatel se musí zcela spoléhat na poskytovatele cloudu, a to konkrétně na to, že výpadky dostupnosti budou málo časté, a pokud k nim dojde, budou rychle odstraněny. V případě výpadků či poruch si musí uživatel uvědomit svou vlastní bezmocnost.
- Pokud se konkrétní data fyzicky nevyskytují na hardwaru uživatele, kde si může sám ohlídat řádné zálohování, pojistkou proti ztrátě dat představuje smlouva s provozovatelem cloudu. Jestliže o data nějakým způsobem na cloudovém úložišti zákazník přijde, čeká ho dlouhý a drahý právní spor, ke kterému dojde většinou ve vzdálené zemi s odlišnou judikaturou.
- Uživatelská data mohou být zneužita jak firmou, která cloudové úložiště provozuje, tak i některou z vládních agentur (NSA). V takovém případě je provozovatel cloudu povinen je vládní agentuře poskytnout, a nesmí o tom nikoho informovat.
- Úroveň služeb a technické podpory je v případě krize obtížně vymahatelná. Pokud přestane poskytovatel komunikovat nebo reaguje s velkým zpožděním, má uživatel v danou chvíli těžko řešitelný problém.

6.1.3 Big data

Aby byla dobře zajištěná komunikace mezi všemi prvky chytrých firem, a mohla naplno fungovat vzájemně propojená komunikační síť konceptu Průmyslu 4.0, je potřebné zajistit úložiště pro velké množství dat. Tato nutnost není typická pouze pro průmyslová odvětví, ale v současné době tato nutnost postihuje i bankovní sektor, kapitálové trhy atd. [29].

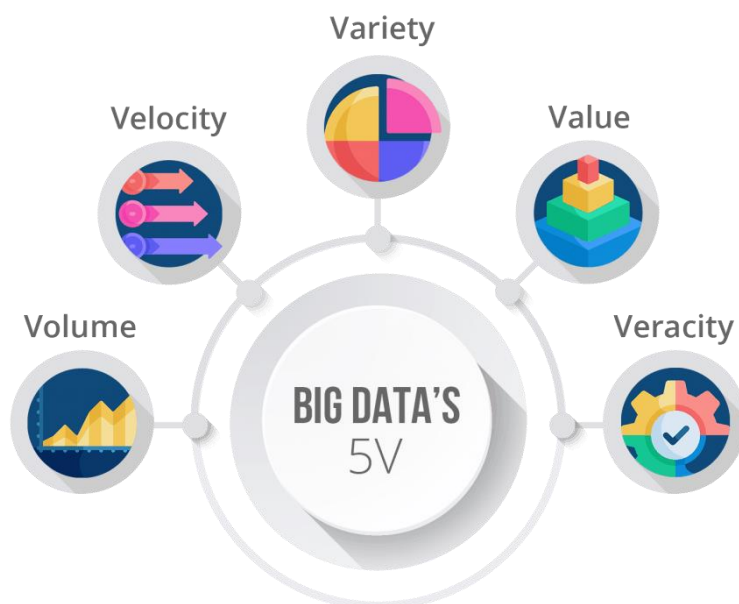
Pro ukládání tak enormního množství dat je v současné době využíváno vysokokapacitní úložiště, které nese název *Big data*. Jedná se přitom o úložiště, ve kterém dochází k uložení obrovského a různorodého objemu dat, které je neustále sesbíráváno ze všech prvků působících v chytrém podniku.

Je to centrální úložiště všech informací z celé firmy. V tomto „skladu informací“ jsou informace nejen ukládány, ale mohou být i nadále využívány, replikovány a vyhodnocovány. Pokud bychom se zajímali o velikosti objemu dat, pak se jedná o data pohybující se v řádu petabytů (10¹⁵ bytů) až zettabytů (8 x 10²¹ bytů), [30].

Ze získaných dat může být následně vytvořena rozsáhlá analýza, která bude vyhodnocovat získané informace, a předávat je v jiné podobě (v podobě výsledků a analýz) k dalšímu zpracování. Touto technologií tak bude dosaženo toho, že firmy budou mít aktuální a přesné informace o chování trhu, zákaznických nebo problémech, a to v reálném čase, bez časových prodlev [29].

Odborníci definují Big data prostřednictvím 5V. Konkrétně se jedná o [3]:

- **Volume (množství)**– U systému Big data dochází k vytváření a následnému ukládání velkého množství dat.
- **Velocity (rychlost)**– U systému Big data dochází k velice rychlému vzniku dat, nahrávání dat, ukládání dat i následné publikaci dat.
- **Variety (variance)** – Big Data obsahují texty, obrázky, videa, audiozáznamy, signály apod. Variabilita typů pomáhá lépe popsat proces.
- **Veracity (kvalita)**– Datová kvalita je další vlastností systému Big Data.
- **Value (hodnota)**– Hodnota dat v rámci systému Big data nabývá stále větší významnosti. V systému není zapotřebí stále zpracovávat větší a větší množství dat, které by neměly hodnotu a kvalitu. Stačí méně dat kvalitních a potřebných.



Obr. 15: Základní principy systému Big data.
Zdroj: ncia.com

6.1.4 Automatizace a robotizace

- **Automatizace**

Pod pojmem automatizace si lze představit proces, při kterém jsou v rámci průmyslového podniku využívány takové technologie, které jsou schopné zajistit průběh výrobních procesů, a to zcela bez nutnosti využití lidské práce či aktivního řízení procesů ze strany lidí [3].

Ve většině současných průmyslových provozů jsou využívány průmyslové aplikace, které mají za úkol automaticky řídit provoz určitých zařízení, a to prostřednictvím jednotlivých řídicích systémů. Může se jednat o řízení jednotlivých výrobních strojů a zařízení, kotle a pece k tepelnému zpracovávání průmyslových výrobků, nebo autonomní ovládání různých dopravních prostředků, a to s minimálním nebo dokonce žádným přispěním ze strany zaměstnanců [3].

Mezi hlavní výhody, které sebou přináší automatizace průmyslové (nebo jakékoliv jiné) výroby jsou především [3]:

- úspora práce,
- úspora nákladů na elektřinu,
- úspora nákladů na materiál,
- zlepšení kvality a přesnosti.

Automatizace představuje hlavní a základní prvek celé koncepce Průmysl 4.0. Právě automatizace výrobních procesů je totiž považována za odstartování celé čtvrté průmyslové revoluce [3].

- **Robotizace**

S automatizací výrobního procesu souvisí i další pojem, kterým je robotizace průmyslové výroby. Jak již název napovídá, jedná se o zavádění technologicky vyspělých robotizovaných zařízení, které jsou schopné nahradit lidskou práci v činnostech, které jsou opakované a jednodušší. Robotizovaná zařízení a stroje nacházejí v současné době své uplatnění především v rámci hromadné výroby, a představují významný prostředek pro zvýšení podnikové produktivity [31].

Dnes jsou roboti speciálně upravené pro výkon různorodých specifických úkonů. Nejedná se tedy o jedny univerzální stroje. Jsou to naopak zařízení různorodá a vyžadují v sobě zabudovaný speciální program, aby mohla vykonávat konkrétní činnost.

U většiny robotů není přítomné autonomní, tedy samostatné vyhodnocování, uvažování a rozhodování. I přesto jsou roboti a robotizovaná výroba v současné době široce rozšířeny. Díky oblibě robotizované výroby a neustálému technologickému pokroku, jsou v současné době navrhovány i inteligentní stroje, které jsou již do jisté míry schopné samostatného uvažování a rozhodování [31].

„Použití průmyslových robotů a automatizace zaznamenalo v posledních letech ve výrobním sektoru exponenciální růst. Se zlepšenou efektivitou výroby, bezpečností a zajištěním kvality v popředí zájmů společností není překvapivé, že ve výrobních závodech po celém světě neustále pokračují značné investice a implementace robotiky. I když někteří mohou vidět automatizaci robotů jako potenciální hrozbu, realita je taková, že ve spojení se zaměstnanci se výhody průmyslové robotické automatizace umocní a mohou pomoci zajistit, aby výrobci plnili své výrobní cíle efektivněji“ [32].

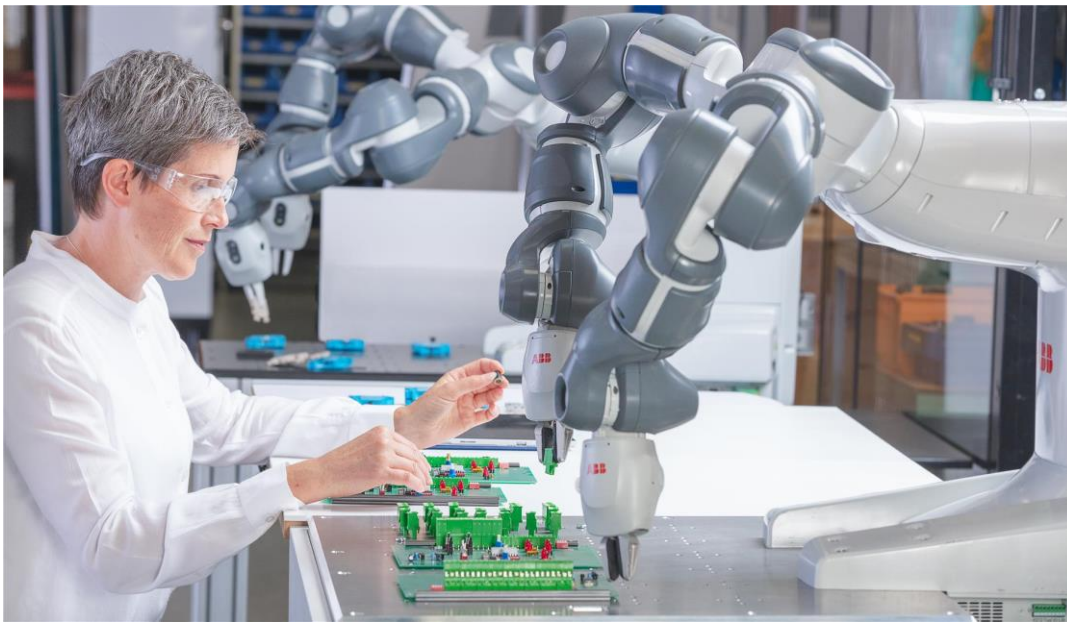


Obr. 16: Automatizovaná a robotizované průmyslová výroba.
Zdroj: sbat.cz

Nejmodernější vývojovou etapou robotizované výroby a robotů představují tzv. coboti. Název „cobot“ vychází z charakteristiky těchto robotů, kteří jsou navrženi tak, aby byli schopni koordinované spolupráce s lidskými zaměstnanci podniku. Předpona „co“ má tak poukazovat na sloveso kooperovat, kolaborovat [31].

Kooperace schopní roboti nejsou uzavřeni uvnitř strojů a zařízení, ale jejich prací je intenzivně spolupracovat s člověkem v rámci otevřeného prostoru. Coboti byli navrženi pro ty druhy činností, které nejsou schopné provést klasičtí roboti. Konkrétně se jedná o složité úkoly, které nemohou být automatizovány [31].

Výhodou kooperace schopných cobotů je jejich lehké konstrukční řešení, které lze snadno přeprogramovat pro vykonávání jiné specializované činnosti. Další výhodou lze spatřovat i v tom, že cobota je možné využít pro plnění náročných nebo dokonce pro lidské zdraví nebezpečných úkonů, ať se jedná o transport ostrých, nebezpečných nebo velmi horkých komponent. Firmy, které vlastní v provozu coboty uvádějí, že nehodovost klesla s jejich přítomností o polovinu [31].



Obr. 17: Automatizovaná a robotizované průmyslová výroba.
Zdroj: ekonom.cz

6.1.5 Virtuální realita

Pokud se zmíní pojem virtuální neboli rozšířená realita, pak si většina lidí vybaví hraní počítačových her, při kterých je hráč „vtažen do děje“, a prostřednictvím speciálních brýlí je hráči poskytnut vhled do virtuálního světa, který jej obklopuje ve všech směrech. Navíc hru hráč kontroluje pomocí ručních ovladačů.

V současné době proniká trend virtuální reality do mnoha různých odvětví, mimo počítačové hry. Setkat se s ní lze v reklamách, ve výuce nebo ve filmech. Dokonce je virtuální realita využívána i pro simulace různých hasičských nebo záchranářských výcviků, kdy jsou předměty vyvolané rozšířenou realitou umístěny do prostředí [3].

Rozšířená realita je zajišťována prostřednictvím různorodých senzorů a jejich vzájemnou kombinací, dále využitím GPS, gyroskopů, Bluetooth nebo Wi-Fi. Signál, který je získán prostřednictvím těchto systémů je dále zpracován složitými počítačovými algoritmy. Pro vytvoření prostorově omezeného prostředí jsou využívány jednodušší výpočetní prostředky, pro složitější úkoly jsou využívány velice náročné a výkonné servery [3].

V rámci konceptu Průmysl 4.0 je potřebné virtuální realitu propojit do informačních systémů, aby tak došlo k maximálnímu využití informací a současně k zefektivnění procesů, kde hraje významnou roli lidská činnost. Prostřednictvím virtuální reality je možné názorně pozorovat životní cyklus výrobku, od jeho výroby, přes výkon, opravu až po jeho likvidaci [3].

Vývoj nového stroje představuje složitý, a především finančně nákladný proces. V současné době je nemyslitelné vyrobit prototyp, který se dlouze zkouší a upravuje. Výsledkem vývoje by měl být takový prototyp, který už vše očekávané splňuje. A právě v těchto případech může v průmyslové výrobě zásadně pomoci rozšířená realita.

Virtuální realita nachází stále větší uplatnění všude tam, kde je potřeba v průběhu návrhu nových součástí nebo celků vyhodnotit jejich různé varianty anebo včas odhalit problémy, které by mohly nastat [33].

Technologie virtuální reality, která se začala rozvíjet před více než patnácti lety, nyní dospěla do stadia, kdy už se v průmyslu poměrně dost používá, a to například ve strojírenství, pozemní dopravě, leteckém a obranném průmyslu. Využití virtuální reality dokáže výrazně zkrátit čas, který je potřebný pro uvedení výrobku na trh a činí proces vývoje mnohem flexibilnější. A umí též pomoci s prodejem a marketingem [33].

Virtuální realita je v současné době v rámci průmyslové výroby používána zejména v několika průmyslových odvětvích, a odvětvích s průmyslem souvisejících. Konkrétně se jedná o postupy související s [3]:

- Logistikou a skladování – V těchto odvětvích souvisejících s průmyslovou výrobou se jedná zejména o rozpoznání konkrétních výrobků na základě čárových kódů ve větší vzdálenosti nebo rychlejší navigaci zaměstnanců v rámci skladů.
- Transportem – V rámci dopravy dochází díky virtuální realitě k promítání reálné a aktuální dopravní situace na přední sklo dopravního prostředku nebo do tzv. chytrých brýlí.
- Value – services (VAS) – Díky tomuto principu je montáž konkrétních výrobků zajištěna dodavatelem prostřednictvím subdodavatelů. Zaměstnanci, kteří již vykonávají samotnou montáž jsou následně navigováni prostřednictvím virtuální reality, čímž je kontrolována i finální podoba.
- Servisem – Využití rozšířené reality zde spočívá v možnosti vizualizovat si jednotlivé komponenty výrobku, vizualizovat potencionální finální podobu výrobků.
- Internetem věcí – Kdy může být virtuální realita použita k vizualizaci stavu věcí.



Obr. 18: Virtuální realita využitá v průmyslové výrobě.
Zdroj: siemens.com

6.1.6 Senzorika

Podobně jako automatizace a robotizace, i senzorika představuje nezbytnou součást koncepce Průmysl 4.0, které je zároveň považováno za základní kámen pro fungování všech následných technologických systémů. Kupříkladu automatizace, robotizace nebo Internet věcí by nemohly bez senzorů vůbec existovat a řádně fungovat.

Senzorika je postavena na metodách, nástrojích určených pro měření a snímání širokého spektra různorodých fyzikálních veličin a údajů vycházejících z výroby. Na senzory jsou v současné době kladeny stále vyšší nároky, a je potřebné, aby splňovaly nejpřísnější technologické požadavky [3].

Průmyslová oblast senzoriky představuje v rámci České republiky poměrně rozšířené průmyslové odvětví, kterým se úžeji zabývá velké množství malých nebo středních podniků. Ty se specializují na výzkum a vývoj průmyslových senzorů. Většina těchto firem disponuje vlastními vývojovými středisky [3].

Senzory využívané v rámci současné koncepce Průmysl 4.0 představují již tzv. inteligentní senzory, které jsou již běžnou součástí sofistikovanějších automatizačních systémů, které v sobě kloubí automatizované přístroje vybavené velkým množstvím různých senzorů. Výzkum těchto moderních zařízení se v rámci českého prostředí uskutečňuje na řadě míst, ty nejvýznamnější probíhají v Akademii věd ČR nebo na jednotlivých technologických vysokých školách [3].

Současný výzkum je zaměřován především na hledání nových způsobů detekce, snímání, měření, s navazujícím konceptem prediktivní diagnostiky a údržby, v rámci, kterých jsou využívány inteligentní senzory. Do budoucna je cílem tvořit kvalitní, přesné a dostupné nástroje pro měření, snímání, zobrazování. Vývoj a výroba přesných měřících, zobrazovacích, detekčních senzorů představuje velmi složitý a náročný high-technologický proces [3].

6.1.7 Aditivní výroba (3D tisk)

Co je 3D tisk neboli technologie rapid prototyping? Pod těmito pojmy si můžeme představit složitý soubor různých postupů, prostřednictvím kterých mohou být vytvořeny na základě digitální předlohy i velice složité nebo rozměrné objekty [34].

Počátky celé této myšlenky byly položeny, jak již bylo řečeno, již v roce 1986, a poté byla vědci a odborníky postupně zdokonalována. Samotný pojem *3D tisk* pochází až z 90. let 20. století. V této době však představovaly 3D tiskárny velice finančně nákladnou záležitost, kterou si nemohli dovolit ani mnozí odborníci. Vývoj nadále pokračoval, až se z 3D tiskáren staly poměrně dostupné a výkonné nástroje, které jsou v současné době využívány konstruktéry a vývojáři na denní bázi [34].

Prostřednictvím různorodých metod 3D tisku používaných v současné době může být prototyp na 3D tiskárně vytvořen v některém z tzv. CAD programů již během několika minut až hodin, a to na základě jejich složitosti. Celý proces se zakládá na postupném a přesném pokládání jednotlivých vrstev na sebe (metoda „vrstva na vrstvu“), a to na základě přesně zadané digitální předlohy. Nejběžněji a nejčastěji používaným materiálem, ze kterého vznikají tzv. prototypu je plast, ačkoliv v současné době jsou 3D tiskárny schopny vytvářet modely kovové nebo plastové s příměsí různých aditiv [35].

Oproti ostatním výrobním metodám je 3D tisk poměrně pomalou záležitostí, jehož výhodou na druhé straně je, že pokud je konkrétní předloha zhotovená přímo v počítači, a do tiskárny bude vložen potřebný program, může dojít k okamžitému vytisknutí prototypu. Je však důležité si uvědomit, že na současném trhu se pohybuje velké množství různých 3D tiskáren, a každý typ tiskárny je přitom omezen rozměry objekty, který má být vytištěn, a také každá tiskárna disponuje jinou přesností [35].

Proces 3D tisku je v zásadě rozdělen do 3 základních a po sobě následujících etap. Těmito etapami konkrétně jsou [35]:

- preprocessing,
- processing,
- postprocessing.

Do českého jazyka lze tyto jednotlivé etapy popsat jako [36]:

- proces přípravy 3D dat pro následující tisk,
- proces vlastního tisku modelu prostřednictvím konkrétních metod a
- další potisková úprava vytištěných komponent, kam můžeme zahrnout povrchovou úpravu, barvení nebo vyztužení).

Metod, které jsou využívány v samotné procesové fázi, existuje v současné době celé široké spektrum. Je tedy mnoho různých způsobů, jakým mohou být prototypy a modely v 3D tiskárně vyráběny. V zásadě však metody můžeme dělit podle dvou základních měřítek [36]:

- podle materiálu, který je pro výrobu modelů a prototypů, používán, a
- podle výrobního postupu, který je pro zhotovení modelů a prototypu vybrán.

Podle použitého materiálu v současné době můžeme rozlišovat [36]:

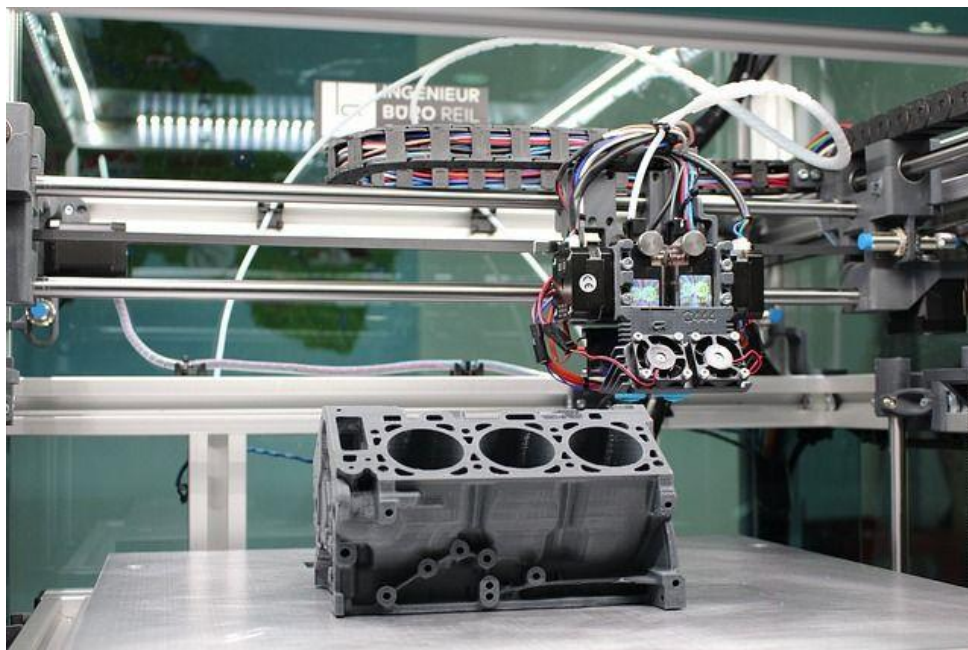
- Použití tekutých materiálů je specifické pro metody: SLA (Stereo Lithography) nebo DLP (Digital Light Projection).
- Použití práškových materiálů je typické pro metodu SLS (Selective Laser Sintering), ProMetal 3D Printing a DLF (Direct Laser Forming).
- Použití tryskového spojování je typické pro metodu MJS (Multiphase Jet Solidification).
- Použití tryskového tištění je specifické pro metody FDM (Fused Deposition Modeling), BPM (Ballistic Particle Manufacturing) a MJM (Multi-Jet Modeling).
- Využívání polymerních látek je typické pro metodu SGC (Solid Ground Curing).
- Využití papírové hmoty je specifické pro LOM (Laminated Object Manufacture).

Vzhledem k tomu, že v současné době představuje technologie 3D již poměrně dobře známý a využívaný proces výroby, využití této průmyslu v rámci průmyslové výroby je již poměrně běžným jevem, a to především díky všeobecnému pokroku na poli digitalizace průmyslové výroby [3].

Průmyslová výroba dokáže být díky 3D tisku více efektivní, jednotlivé fáze životního cyklu konkrétního produktu mohou být díky 3D tisku významným způsobem zkráceny, a současně dochází i ke značnému snížení výrobních nákladů. 3D tisk tak představuje způsob výroby, který dokáže zrychlit, zefektivnit a zlevnit výrobu průmyslových výrobků, a to v některých případech až markantním způsobem [3].

Aditivní způsob průmyslové výroby v podobě 3D tisku dokáže přesně určit, jaké množství materiálu a výrobních prostředků bude přesně zapotřebí k výrobě. To samozřejmě přináší celou řadu výhod pro přesnější plánování zdrojů. 3D tisk je velice výhodný pro průmyslovou výrobu, jelikož lze prostřednictvím něj navrhnout i výrazně složitě a nekonvenční tvary hotových průmyslových produktů, které by nemohly být vyrobeny prostřednictvím žádné jiné současné výrobní metody [3].

Je velice pravděpodobné, že aditivní průmyslová výroba v podobě 3D tisku, bude v budoucnosti sehrávat stále podstatnější roli. To je způsobeno nejen výhodami 3D tisku, ale i díky jejímu neustálému zdokonalování. Z toho důvodu se tato forma výroby stane pro průmyslové podniky nepostradatelným pomocníkem. Vize do budoucna je dnes dokonce taková, že by dodavatelé své výrobky neprodávali přímo, ale pouze by poskytli data jednotlivých produktů ke stažení a náplně s adekvátním materiálem. 3D tisk výrobku pak proběhne u daného odběratele přímo v rámci jeho podniku [3].



Obr. 19: Díky 3D tisku je možné vyrábět i složité tvary, například automobilové součástky.
Zdroj: technologiebudoucnosti.cz

6.2 BEZPEČNOST

Převážné množství vyspělých zemí se posledních několik let intenzivně zabývá nástupem čtvrté průmyslové revoluce, a zaváděním konceptu Průmysl 4.0 do různých odvětví jejich hospodářství, především průmyslové výroby.

Tento koncept může zásadním způsobem změnit povahu jednotlivých hospodářských odvětví (průmyslu, energetiky, obchodu, logistiky), a dokonce i celé společnosti. Čtvrtá průmyslová revoluce v podobě Průmyslu 4.0 je úzce spojená s nástupem trvalého, velice rychlého rozvoje systémového využívání, integrace a propojování nejrůznějších technologií ve všech oblastech lidské činnosti, se změnou znalostí, způsobu myšlení, způsobu řízení podniků a celých výrobních procesů [37].

Revoluce v podobě Průmyslu 4.0 se však nedotýká pouze průmyslové výroby, ale představuje celou novou filozofii, která se dotýká i samotného revolučního převratu v myšlení lidí. Průmyslová revoluce představuje komplexní změnu, která se bude týkat rozmanitých oblastí života společnosti. Základním předpokladem úspěšného zvládnutí změn, eliminace rizik a využití příležitostí je široký konsenzus nad strategickým směřováním a způsobem implementace [37].

Digitalizace ekonomiky v současné době již intenzivně probíhá, a to v celé široké škále různých odvětví (elektroniky, elektrotechniky, konstrukce a výroby strojů a zařízení, výroby nástrojů, automobilového průmyslu, energetiky, chemické a farmaceutické výroby, hutnictví a ocelářství, informačních technologií a telekomunikací, průmyslové automatizace, radiokomunikace, ale i údržby, bankovníctví, finanční a marketingové služby, obchodní činnosti, poradenských služeb, reklamní činnosti, vývoje softwarů, zemědělství, životního prostředí, zdravotnictví, výživy a dalších), [37].

Co konkrétně sebou přinese plošné zavádění koncepce Průmysl 4.0 do výrobních podniků, z hlediska bezpečnosti a ochrany zdraví při práci? Podle odborníků sebou čtvrtá průmyslová revoluce přinese velké množství bezpečnostních trendů, minimalizaci zranění a značné snížení rizik při práci. Konkrétně se bude jednat o [37]:

- *Posilování bezpečnosti, spolehlivosti, zodpovědnosti, samostatnosti při výkonu práce.*
- *Směr prevence rizik na základě změn charakteru práce.*
- *Vzroste potřeba věnovat pozornost a posilovat vědění i aplikace v praxi v oblastech komunikace a ergonomie.*
- *Od prevence fyzických rizik (snižování pracovní úrazovosti) k posilování prevence psychosociálních rizik (růst stresové zátěže).*
- *Odklon ve výkonu práce od přímých hmotných procesů k nehmotným, virtuálním.*
- *Snížení rizika úrazů při manipulaci s materiály a výrobky (břemena). Sporné zůstává snížení úrazů v důsledku pádů osob (patří k nejčastějším úrazům).*
- *Omezení fyzického pohybu, dlouhé (nevhodné) sezení při práci, jednostranná zátěž může způsobovat nárůst nemocí MSD (muskuloskeletální onemocnění).*
- *Člověk – stroj (přístroj, robot, ovladač) – senzorická pozornost, přesnost, spolehlivost – selhání může znamenat narušení celého, sítěmi propojeného systému. Integrace je zabezpečována především vhodnou komunikací každého s každým dle okamžité potřeby, vzájemným dohadováním, koordinací činnosti a kooperací mezi autonomními subsystemy. V tomto pojetí mizí smysl centrálního hierarchického řízení a veškeré procesy komunikace a koordinace nabývají decentralizovaný charakter. V extrémních případech může celý výrobní systém fungovat bez centrální řídicí autority.*
- *Nové technologie a robotizace – substituce lidské práce stroji, přístroji, roboty – může znamenat náhradu – pomoc – ohrožení.*

Co se týče bezpečnostní stránky čtvrté průmyslové revoluce, je potřebné si však uvědomit několik zásadních věcí. Technologie a systémy patřící do koncepce Průmyslu 4.0 se nedotýkají pouze průmyslové výroby, ale i dalších neprůmyslových oblastí, u kterých dochází k vzájemnému překryvu. Zde se jedná především o propojení internetu (Internet věcí, cloudová úložiště, shromažďování Big data) a průmyslové výroby neboli o prolínání v technologicko-kybernetické a sociální rovině.

Z čehož vyplývá, že sice samotná průmyslová výroba bude, co do počtu rizik a potencionálních zranění, o poznání bezpečnější, vystávat však budou nové bezpečnostní hrozby v podobě kybernetických útoků. Tedy útoků pořádaných v rámci kybernetického prostředí, které mají za úkol odcizit podniková data a dále je zneužít [38].

Jednou z možností, jak nebezpečnou kybernetickou situaci nejenom řešit, ale i dlouhodobě udržovat, budou představovat certifikace bezpečnosti pro jednotlivé firmy a jejich části. Takové certifikace by měly umožňovat firmám dobrý přehled o souladu zabezpečení technického zařízení s aktuálními standardy. Certifikace však v současné době ještě nebyly jednotně definovány, ale ukazuje se, že nezbytná bude i určitá role státu, jakkoli by měla být minimalizována [38].

V důsledku výrazného růstu počtu kybernetických útoků, a to nejen na kritické infrastruktury, se kybernetická bezpečnost stává hlavním bodem zájmu v oblasti průmyslové automatizace a průmyslových komunikačních sítí pro potřeby jednoho podniku i jejich řetězců. Tyto útoky jsou zaměřeny na narušení podnikové výrobní činnosti a jsou vedeny osobami či organizovanými skupinami s různou motivací [38].

Kybernetické hrozby jsou zaměřeny především na průmyslové řídicí systémy, jako jsou distribuované řídicí systémy (DCS), programovatelné logické automaty (PLC, PAC) a jejich sítě, systémy sběru, regulace a dohledu dat (SCADA), systémy a rozhraní člověk-stroj (HMI), a to prostřednictvím různých bezpečnostních mezer/děr vycházejících ze špatného návrhu architektury, ze zanedbání péče o počítačovou bezpečnost, nebo jen jednoduše ze zastaralosti komponent používaných v systému [38].

Přerod podniků ve čtvrté průmyslové revoluci bude z hlediska zajištění kybernetické bezpečnosti znamenat zejména vnitřní reorganizaci procesů, redefinici odpovědnostních rolí a posílení vnitřní bezpečnostní kultury. I nadále platí, že nejslabším článkem bezpečnostního ekosystému je vždy člověk [38].

Lze očekávat vznik podnikových CERT/CIRT týmů (Computer Emergency Response Team/ Computer Incident Response Team), jejich vybavení odpovídajícími analytickými nástroji a napojení do národního systému sledování kybernetických hrozeb [38].

6.3 VIZE BUDOUCNOSTI

V rámci této kapitoly bude rozebírána budoucnost týkající se České republiky a české průmyslové výroby. Česká republika představuje zemi se silným a rozvinutým průmyslovým sektorem a průmyslovou výrobou s dlouholetou tradicí.

Blízká budoucnost české průmyslové výroby se bude týkat především nástupem konceptu Průmysl 4.0, a snahy zavést technologie a systémy, které je jí týkají do praxe. To bude vyžadovat velkou podporu a další navýšení vhodných kroků a potřebných opatření.

Plná a plošná implementace konceptu Průmysl 4.0 do českého průmyslu představuje otázku příštích zhruba 20 let. Pro úspěšné zavedení konceptu v život v rámci českých průmyslových podniků vznikla státní *Iniciativa Průmysl 4.0*, a vedle ní vznikla expertní skupina patřící pod správu *Svazu průmyslu a dopravy ČR*, která vypracovala hodnocení digitální zralosti českých firem. Toto hodnocení je pro majitele firem a podniků volně k dispozici online, na stránkách www.firma4.cz.

Mimo hodnocení by mělo sdružení sehrávat významnou roli v celkovém zapojování se českých podniků do konceptu Průmysl 4.0. Měla by nabývat podoby zprostředkovatele mezi českými firmami i zahraničními společnostmi, které již mají s konceptem Průmysl 4.0 větší zkušenosti. Mimo zprostředkovatelské činnosti by se měla iniciativa stát i hlavním propagátorem celé snahy implementovat co nejvíce a co nejrychleji koncept Průmysl 4.0 do českých firem.

Budoucnost českých firem v ohledech konceptu Průmysl 4.0 spočívá jinými slovy především v reálné implementaci tohoto konceptu do jejich průmyslové výroby. Jak bylo zmíněno, Česká republika sice představuje ohledně automatizace a robotizace jednu z nejúspěšnějších zemí Evropské unie, nicméně procento firem, které by v současné době skutečně využívaly alespoň dvě technologie koncepce, je stále malé.

Mimo iniciativy, které mají informační, zprostředkovatelský a propagační charakter existuje v současné době i řada akčních plánů a strategií, které obsahují doporučení pro firmy a podniky, které se rozhodnou získat konkurenční výhodu prostřednictvím zavedení koncepce Průmysl 4.0 do své výroby. Mezi zmíněná doporučení konkrétně patří kupříkladu:

Nechat se inspirovat podniky, které již technologie a systémy konceptu Průmysl 4.0 zavedly do své výroby, a dosahují prostřednictvím nich úspěchů. Mít přehled o českých nebo i zahraničních podnicích, které koncept Průmysl 4.0 do své výroby zavedly, by mělo být pro podniky samozřejmostí. Příkladem mohou být celosvětově proslulé podniky jako Siemens nebo Bosch, které již v současné době disponují mnoha technologiemi typickými pro čtvrtou průmyslovou revoluci. Tyto dva podniky německého původu stály u zrodu celé revoluce, a byly jedny z prvních, které zavedly odpovídající řešení do svých provozoven. Tyto společnosti navíc poskytují možnost exkurzí, které jsou určeny jak pro zájemci z řad široké veřejnosti, tak i pro zástupce jednotlivých průmyslových podniků, kteří by zde chtěli nasbírat inspiraci. Česká republika navíc může těžit ze své geografické polohy, respektive z těsné blízkosti s Německem. Díky tomu mohou podniky snadněji navazovat spolupráci s německými kolegy, a čerpat z německých firem potřebnou inspiraci.

Dalším doporučením, které představuje jakousi povinnost, pokud chce podnik do svého provozu implementovat jednotlivé systémy a technologie čtvrté průmyslové revoluce, je zbudování vysokorychlostní internetové sítě. Disponovat rychlým, stabilním a odolným internetovým pokrytím je základním předpokladem pro budoucí využití několika zásadních prvků Průmyslu 4.0.

Průmysl 4.0 stojí na myšlence vzájemného propojení všech zařízení, strojů, produktů i materiálu v rámci konkrétního průmyslového podniku. Z toho vyplývá, že v rámci podnikového prostředí bude neustále vytvářeno velké množství. Bez rychlého přenosu dat nemohou být naplněny principy, na kterých stojí koncepce Průmyslu 4.0. Vysokorychlostním připojením tak musejí být pokryta všechna místa, která byla doposud tzv. slepá.

Celosvětovou vizí v tomto ohledu je, aby co nejvíce průmyslových i neprůmyslových podniků představovalo tzv. chytré továrny, v rámci, kterých bude uplatňováno co nejvíce možných technologií a systémů vycházejících z konceptu Průmysl 4.0. Tyto továrny budou nejenom schopny vzájemné kooperace uvnitř, ale i vzájemné komunikace mezi sebou. Vznikne tak globálně propojená síť podniků a firem, která bude vzájemně propojena, a zákazníci ji budou moci využívat.

7 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY A NORMY

7.1 REGULACE V ČR

Jak víme, Česká republika představuje členskou zemi Evropské unie, ke které se připojila v roce 2004. Tím na českém území platí jak českou vládou vydané zákony a česká legislativa, tak i legislativa, nařízení, směrnice či regule vydávané Evropskou unií.

Z toho vyplývá, že pokud budeme chtít v této kapitole hodnotit, jaká omezení nebo regule jsou ohledně konceptu Průmysl 4.0 platné na území České republiky, a platí pro české firmy, pak musíme brát v potaz i nařízení vydaná Evropskou unií.

Pokud bychom se zaobírali nejprve ryze českou legislativou týkající se průmyslové výroby a zavádění konceptu Průmysl 4.0 do českých podniků, pak zjistíme, že na českém území v současné době neexistuje žádná ucelená právní agenda, která by se touto problematikou zabývala. Systém podpory české digitální agendy je stále roztržštěn a nemá ucelenou podobu. V českých zákonech lze najít pouze pár zákonů, které by se týkaly digitalizace, čtvrté průmyslové revoluce nebo konceptu Průmysl 4.0 [39].

Jedním z těchto zákonů byl *Zákon o ochraně osobních údajů*, prostřednictvím kterého je řízena ochrana osobních dat při jejich elektronickém zpracování. Jedná se o zákon, který ve svém znění upřesňuje zavedení nařízení Evropské unie ohledně GDPR, zpracovává příslušné předpisy Evropské unie, současně navazuje na přímo použitelné předpisy Evropské unie a k naplnění práva každého na ochranu osobních údajů upravuje práva a povinnosti při zpracování osobních údajů [39].

V roce 2019 vstoupil v platnost č. 110/2019 Sb. *Zákon o zpracování osobních údajů*, často se vyskytuje pod pojmem adaptační zákon. K nejdůležitější změnám náleží zesílení pozice veřejného zájmu na úkor práv subjektů údajů, která se projeví v omezení práva na námitku a omezení informační povinnosti správce osobních údajů, v němž se při zpracování osobních údajů projevuje veřejný zájem. Upravuje také věkovou hranici pro souhlas se zpracováním u nezletilých a zakotvuje rovněž nové skutkové podstaty přestupků v souvislosti s porušením pravidel při zpracování osobních údajů. [45]

Dalším ze zákonů je Zákon č. 181/2014 Sb., o kybernetické bezpečnosti, jehož základním cílem je zvýšit bezpečnost kybernetického prostoru a zejména se snažit ochránit tu část infrastruktury, která je pro fungování státu důležitá a jejíž narušení by vedlo k poškození nebo ohrožení zájmu České republiky. Téhož zákon je prováděn předpisy:

- [315/2021 Sb.](#) Vyhláška o bezpečnostních úrovních pro využívání cloud computingu orgány veřejné moci
- [82/2018 Sb.](#) Vyhláška o kybernetické bezpečnosti
- [437/2017 Sb.](#) Vyhláška o kritériích pro určení provozovatele základní služby
- [317/2014 Sb.](#) Vyhláška o významných informačních systémech a jejich určujících kritériích
- [316/2014 Sb.](#) Vyhláška o bezpečnostních opatřeních, kybernetických bezpečnostních incidentech, reaktivních opatřeních a o stanovení náležitostí podání v oblasti kybernetické bezpečnosti (vyhláška o kybernetické bezpečnosti)

Cílem zákona není řešit všechna rizika v kyberprostoru, jako je např. porušování autorských práv, různé podvodné aktivity, úniky elektronických dat či šíření závadného elektronického obsahu [39].

Digitální transformace společnosti, urychlená propuknutím koronaviru, rozšiřuje oblast IT hrozeb, které je třeba řešit. Současná směrnice EU o kybernetické bezpečnosti (NIS1) vstoupila v platnost 6. července 2016. Přinesla mnoho výhod, ale spolu s dalším vývojem se postupně odhalovala její omezení. Proto bylo nutné směrnici novelizovat. Pandemie urychlila proces a 16. prosince 2020 vydala Evropská komise návrh směrnice (EU) 2016/1148 (NIS2). Snaha byla zvýšení opatření k zajištění vyšší úrovně bezpečnosti. Účelem NIS2 je zvýšit bezpečnost sítě a odstranit rozdíly v požadavcích na ni, sjednotit rozsah a podobu nároků na bezpečnost a hlášení incidentů napříč státy EU. V platnost pravděpodobně vstoupí před polovinou roku 2023. [46].

Směrem od českého státu tak není koncept Průmysl 4.0 nikterak regulován nebo podporován. Česká vláda si je však vědoma, že implementace čtvrté průmyslové revoluce do českých podniků může pomoci celkové české společnosti a české ekonomice. Z toho důvodu Ministerstvo průmyslu a obchodu přišlo s Iniciativou Průmysl 4.0, tedy odborným dokumentem, který volně navazuje na předchozí Národní iniciativu Průmysl 4.0, která byla platná do roku 2016.

Iniciativa Průmysl 4.0 byla platná pro období 2016-2022, a vznikla za účelem představit a zahájit celospolečenskou diskusi na téma čtvrté průmyslové revoluce. Jejím cílem bylo také dát impuls české vládě k vytvoření nějakého akčního plánu pro vyhlášení a implementaci konceptu Průmysl 4.0 [40].

V srpnu roku 2015 byl schválen vládou Akční plán pro rozvoj digitálního trhu [42]. Cílem je doplnit potřebné kroky vlády v místech témat, které nepokrývá strategie Digitální Česko 2.0 [43].

Ministr průmyslu a obchodu se ke vzniku iniciativy vyjádřil následovně, „*tento materiál je příspěvkem do již probíhající diskuze o nástupu nejvýznamnějších technologických a strukturálních změn, které zasahují nejen průmysl, ale většinu ostatních rezortů, vědu a výzkum, etiku i společenský řád. Naše vláda si je vědoma nutnosti přijmout a řídit procesy čtvrté průmyslové revoluce. Jako ministr průmyslu a obchodu jsem připraven se plně věnovat tomu, abychom se s nejvýznamnější inovační výzvou dneška a s vyvolanými změnami celospolečenského dosahu nejen ztotožnili, ale dokázali je i konsensuálně realizovat*“ [41].

V ČR je oblast standardizace v pověření Úřad pro normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, který své činnosti řídí zejména o technických požadavcích na výrobky a zákonem o metrologii. [44]

Existuje soubor platných norem, který se pro přístup k celým textům je zpoplatněn, což přináší kritiku ze strany uživatelů. I přes možnost nahlížení do seznamu je bezplatně přístupné. Tak tato situace uživatelům komplikuje využívání těchto norem v praxi.

7.2 REGULACE V EU

Evropská unie již roku 2010 vydala základní strategický dokument, který je platný i v současné době, a jehož název zní *Evropa 2020: Strategie pro inteligentní a udržitelný růst podporující začlenění* společně. Tento dokument oficiálně operuje s několika iniciativami, kterými jsou [39]:

- *Unie inovací,*
- *Integrovaná průmyslová politika pro éru globalizace,*
- *Digitální agenda pro Evropu*

V dokumentu *Evropa 2020: Strategie* jsou vyzdvihovány tři hlavní priority, které zní [41]:

- Inteligentní růst: rozvíjet ekonomiku založenou na znalostech a inovacích.
- Udržitelný růst: podporovat konkurenceschopnější a ekologičtější ekonomiku méně náročnou na zdroje.
- Růst podporující začlenění: podporovat ekonomiku s vysokou zaměstnaností, jež se bude vyznačovat sociální a územní soudržností.

Evropská komise v dokumentu navrhla několik hlavních cílů, kterých má být dosaženo členskými státy Evropské unie [41]:

- 75 % obyvatelstva ve věku od 20 do 64 let by mělo být zaměstnáno,
- 3 % HDP Evropské unie by měla být investována do výzkumu a vývoje,
- v oblasti klimatu a energie by mělo být dosaženo cílů „20-20-20“ (včetně zvýšení závazku na snížení emisí na 30 %, pokud budou podmínky příznivé),
- podíl dětí, které předčasně ukončí školní docházku, by měl být pod hranicí 10 % a nejméně 40 % mladší generace by mělo dosáhnout terciární úrovně vzdělání,
- počet osob ohrožených chudobou by měl klesnout o 20 milionů.

Stanovené cíle sestávají ze tří hlavních priorit, kterými jsou (a) inteligentní růst, (b) udržitelný růst a (c) růst podporující začlenění. Těchto jednotlivých priorit má být dosaženo pomocí [41]:

- „Inovace v Unii“: zlepšení rámcových podmínek a přístupu k financování výzkumu a inovací, čímž by se zajistilo, aby se z inovativních nápadů staly výrobky a služby vytvářející růst a pracovní místa.
- „Mládež v pohybu“: posílení výkonu systémů vzdělávání a usnadnění vstupu mladých lidí na pracovní trh.
- „Digitální program pro Evropu“ – urychlení rozvoje vysokorychlostního internetu a využití jednotného digitálního trhu domácnostmi a podniky.
- „Evropa méně náročná na zdroje“ – podpora oddělení hospodářského růstu od využívání zdrojů, podpora přechodu na nízkouhlíkovou ekonomiku, větší využití obnovitelných zdrojů energie, modernizace odvětví dopravy a podpora energetické účinnosti.
- „Průmyslová politika pro éru globalizace“ – zlepšení podnikatelského prostředí, zejména pro malé a střední podniky, podpora rozvoje silné a udržitelné průmyslové základny, která by byla konkurenceschopná v celosvětovém měřítku.
- „Program pro nové dovednosti a pracovní místa“ – modernizace pracovních trhů a posílení postavení občanů rozvojem jejich dovedností v průběhu celého života za účelem zvýšení účasti na trhu práce a lepšího vyrovnání nabídky a poptávky na trhu práce, mimo jiné prostřednictvím mobility pracovních sil.
- „Evropská platforma pro boj proti chudobě“ – zajištění sociální a územní soudržnosti tak, aby výhody vyplývající z růstu a zaměstnanosti byly ve velkém měřítku sdíleny a lidem postiženým chudobou a sociálním vyloučením bylo umožněno žít důstojně a aktivně se zapojovat do společnosti.

Na výše zmíněný dokument *Evropa 2020: Strategie* navazuje *Strategie pro jednotný digitální trh v Evropě*, který byl vydán Evropskou komisí v roce 2015. Tento dokument v sobě zpracovává základní iniciativu, kterou je Digitální agenda. Na Strategii pro jednotný digitální trh v Evropě jsou navázány 3 iniciativy [39]:

- (a) lepší online přístup k digitálnímu zboží a službám,
- (b) prostředí v němž mohou digitální sítě a služby prosperovat,
- (c) digitalizace jako motor růstu.

8 SYSTÉMOVÝ ROZBOR

V této kapitole bylo mým cílem nastínit způsob řešení problému systematickým přístupem. Snaha o vyhodnocení vnitřních a vnějších faktorů dějů zasahujících do různých odvětví průmyslu. Konkrétně jsem se zaměřil na implementaci Průmyslu 4.0 v podniku a s ním spojenou digitalizaci průmyslu. Iniciativu implementace Průmyslu 4.0 jsem vyhodnotil pomocí SWOT za účelem zhodnocení důležitosti vnitřního a vnějšího prostředí a za účelem stanovení vhodné strategie. Analytickou metodu FMEA jsem využil pro určení rizik digitalizace průmyslu v podniku EUROM s.r.o..

8.1 SWOT ANALÝZA

SWOT analýza je účinná metoda pro určení silných, slabých stránek, příležitostí a hrozeb plynujících z analýzy prostředí. Pro vypracování budu čerpat z vnitřní a vnější analýzy prostředí iniciativy zavádění Průmyslu 4.0. Vnitřní analýza prostředí se zabývá silnými a slabými stránkami. Vnější analýza prostředí se zabývá příležitostmi a hrozbami. Analýzu je možné použít jako silný nástroj pro stanovení a optimalizaci strategie nebo zlepšování stávajícího stavu či procesů. [55]

Důvodem zvolení této analýzy je využití k určení vhodné strategie digitalizace průmyslu v podnicích České republiky v rámci zavádění Průmyslu 4.0.

		Analýza vnitřního prostředí	
		Silné stránka (S)	Slabé stránky (W)
Analýza vnějšího prostředí	Příležitosti (O)	Agresivní růstově orientovaná strategie max-max strategie	Turnaround strategie min-max strategie
	Hrozby (T)	Diverzifikační strategie max-min strategie	Obrannástrategie min-min strategie

Tab.A) Matice strategií SWOT analýzy

Zdroj: Marketingové řízení firmy.

8.1.1.1 Vybrané silné a slabé stránky digitalizace průmyslu v podnicích České republiky v rámci iniciativy Průmyslu 4.0

Strengths (SILNÉ STRÁNKY)		Weaknesses (SLABÉ STRÁNK)	
S1	Vysoký inovační potenciál uvnitř firem	W1	Omezené povědomí o zásadách a dopadech Průmyslu 4.0 v průmyslové sféře, a hlavně mimo ni
S2	Provázanost dodavatelsko-odběratelských řetězců s předními společnostmi na světě	W2	Nedostatečný rozvoj infrastruktury potřebné pro zavádění Průmyslu 4.0 a na aplikovaný výzkum využitelný v průmyslu
S3	Rozsáhlá výrobní základna senzorů a měřicích systémů	W3	Nedostatečné kapacity soukromých výrobců investovat do dalšího vývoje senzorů
S4	Široké zázemí odborníků pracujících s normami ve výrobních podnicích	W4	Malá ekonomika a globalizace nás nutí se přizpůsobovat
S5	Nízká míra nezaměstnanosti v evropském i světovém kontextu svědčí o dobré flexibilitě pracovní síly	W5	Nedostatečná dopravní struktura

Tab.B) Silné a slabé stránky digitalizace průmyslu podniku

Zdroj: www.mpo.cz

8.1.1.2 Vybrané příležitosti a hrozby plynující z digitalizace průmyslu v podnicích České republiky v rámci iniciativy Průmyslu 4.0

Opportunities (PŘÍLEŽITOSTI)		Threats (HROZBY)	
O1	Včasné zachycení trendů	T1	Zájem ze strany politické reprezentace bude jen dočasný a účelový
O2	Zvýšení konkrétní schopnosti firem díky integraci do dodavatelsko-odběratelských řetězců	T2	Nejasný dopad na trh
O3	Zjednodušení, zefektivnění a zlevnění firemní IT infrastruktury díky intenzivnějšímu využívání cloudových služeb	T3	Nedostatečné pokrytá oblast kybernetické bezpečnosti a bezpečnosti zpracovávaných dat
O4	Zavést systém certifikací bezpečnosti pro potřeby Průmyslu 4.0 pod dohledem státu	T4	Pokud bezpečnost pro systémy Průmyslu 4.0 nebudeme umět vytvářet sami, tak s ohledem na význam bezpečnosti budeme technologie kupovat a záviset na jiných
O5	Vznik nových pracovních příležitostí ve vysoce kvalifikovaných nových profesích v průmyslu a v dalších sektorech	T5	Nedostatečné zdroje pro výzkum

Tab.C) Příležitosti a hrozby plynující z digitalizace průmyslu v podnicích

Zdroj: www.mpo.cz

8.1.1.3 Porovnání jednotlivých prvků a stanovení signifikantnosti prvků

Pro srovnání jsem využil tabulku, kde porovnám faktory dle jejich důležitosti na základě třibodového zhodnocení.

- Tvrzení je méně důležité než tvrzení srovnávané – 1
- Tvrzení jsou stejně důležité – 2
- Tvrzení je více důležité než tvrzení srovnávané – 3

Silné stránky

	S1	S2	S3	S4	S5	Celkem	Váha
S1	X	2	1	2	3	8	20,00 %
S2	2	X	3	4	4	13	32, 50 %
S3	3	1	X	2	2	8	20,00 %
S4	2	1	1	X	2	6	15,00 %
S5	1	1	1	2	X	5	12,5 %
						40	100 %

Tab.D) Srovnání silných stránek dle váhy důležitosti

Nejdůležitějším prvkem silných stránek je faktor S2. Provázanost dodavatelsko-odběratelských řetězců s předními společnostmi na světě. Tato stránka má velký vliv na pozitivnější přístup soukromého sektoru k problému iniciativy Průmyslu 4.0. [56]

Slabé stránky

	W1	W2	W3	W4	W5	Celkem	Váha
W1	X	1	3	3	2	9	22,50 %
W2	3	X	3	3	3	12	30,00 %
W3	1	1	X	2	1	5	12,50%
W4	1	1	2	X	2	6	15,00%
W5	2	1	3	2	X	8	20,00 %
						40	100 %

Tab.E) Srovnání slabých stránek dle váhy důležitosti

Nejdůležitějším prvek slabých stránek je faktor W2. Nedostatečný rozvoj infrastruktury potřebné pro zavádění Průmyslu 4.0 a na aplikovaný výzkum využitelný v průmyslu. Nesjednocený postup podniků k přístupu problematiky Průmyslu 4.0 má za následek příliš pomalý rozvoj a špatně zkoordinovaný přístup přenášení výsledku výzkumu do praxe. [56]

Příležitosti

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Celkem	Váha
Q1	X	1	2	1	1	5	12,50 %
Q2	3	X	2	2	3	12	30, 00 %
Q3	2	2	X	2	2	8	20,00 %
Q4	2	2	2	X	2	8	20,00 %
Q5	3	1	2	1	X	7	17,50 %
						40	100 %

Tab.F) Posuzování příležitostí stránek dle váhy důležitosti

Nejdůležitějším prvek příležitostí je faktor Q2. Zvýšení konkurence schopnosti díky zvýšení integrace do dodavatelsko-odběratelských řetězců. Při spolupráci státu jako výzkumného orgánu a průmyslových podniků může dojít k zvýšení ekonomické efektivity a návratnosti. [56]

Hrozby

	T1	T2	T3	T4	T5	Celkem	Váha
T1	X	1	1	1	1	4	10,00 %
T2	3	X	1	2	2	8	20,00 %
T3	3	3	X	3	3	12	30,00 %
T4	3	2	1	X	2	8	20,00 %
T5	3	2	1	2	X	8	20,00 %
						40	100 %

Tab.G) Posuzování hrozeb stránek dle váhy důležitosti

Nejdůležitějším prvkem hrozeb je faktor T3. Nejasný režim ochrany osobních údajů s narůstající hrozbou kybernetických útoků tvoří hrozbu pro nevhodně nastavené systémy ochrany. Mělo by dojít k sjednocení požadavků na zabezpečení přenosu dat a zefektivnit ochranu osobních údajů. [56]

8.1.1.4 Posuzování vzájemných vztahů mezi faktory a doporučení vhodné strategie

Hodnotí se vzájemné vztahy mezi vybranými vnitřními a vnějšími faktory. Pro hodnocení byla využita pětibodová stupnice. Rozmezí stupnice určuje velikost vztahu mezi faktory.

- Není vztah mezi faktory – 1
- Nepatrný vztah mezi faktory – 2
- Malý vztah mezi faktory – 3
- Střední vztah mezi faktory – 4
- Silný vztah mezi faktory – 5

Silné stránky a příležitosti

		Interní faktory					
Externí faktory		S1	S2	S3	S4	S5	Σ O/S
	O1	5	3	3	3	3	15
	O2	2	5	4	4	3	18
	O3	2	2	4	1	2	11
	O4	4	3	3	5	1	16
	O5	3	2	3	2	5	15
	Celkem						75

Tab.H) Vzájemných vztahů mezi silnými stránkami a příležitostmi

Slabé stránky a příležitosti

		Interní faktory					
Externí faktory		W1	W2	W3	W4	W5	Σ O/W
	O1	5	4	4	1	1	15
	O2	2	3	2	2	3	12
	O3	3	3	2	3	1	12
	O4	1	3	2	1	1	8
	O5	2	1	4	1	1	9
Celkem						56	

Tab.I) Vzájemných vztahů mezi slabými stránkami a příležitostmi

Silné stránky a hrozby

		Interní faktory					
Externí faktory		S1	S2	S3	S4	S5	∑ T/S
	T1	1	2	1	2	4	10
	T2	2	2	1	3	5	13
	T3	3	2	3	2	1	11
	T4	1	1	1	1	1	5
	T5	1	2	2	1	3	9
	Celkem						48

Tab.J) Vzájemných vztahů mezi silnými stránkami a hrozbami

Slabé stránky a hrozby

		Interní faktory					
Externí faktory		W1	W2	W3	W4	W5	∑ T/W
	T1	3	1	2	1	1	8
	T2	2	2	2	1	2	9
	T3	1	2	2	2	1	8
	T4	2	2	2	4	1	11
	T5	2	2	5	3	1	13
	Celkem						49

Tab.K) Vzájemných vztahů mezi slabými stránkami a hrozbami

Matice strategií SWOT analýzy

		Analýza vnitřního prostředí	
		Silné stránky (S)	Slabé stránky (W)
Analýza vnějšího prostředí	Příležitosti (O)	75 max-max	56 min-max
	Hrozby(T)	48 max-min	49 min-min

Tab.L) Dosazení do matice strategií SWOT analýzy

Analýzu SWOT jsem využil k určení vhodné strategie průmyslu České republiky v rámci zavádění Průmyslu 4.0. Z analýzy vyplívá strategie MAX-MAX, jedná se o strategii maximalizace silných stránek – maximalizace příležitostí, také popisovanou jako agresivně orientovaná růstová strategii. Z analýzy plyne, že v České republice existuje velký potenciál při správném využití silných stránek.

8.2 WHAT-IF ANALÝZA PRO ZAČLENĚNÍ PRŮMYSLU 4.0 DO PRŮMYSLOVÉHO PODNIKU

Analýza toho, co se stane když, je postup na hledání možných dopadů vybraných situací. Provádí ji dostatečně poučený hodnotitel, který má dostatek informací s daným procesem, či problematikou. Tuto metodu využiju pro stanovené konkrétních nebezpečných procesů. Provádí se formou dotazů a následnou odpovědí pomocí brainstorming a diskuse. [57]

Zhodnocení začlenění Průmyslu 4.0 do podniků v České republice

Co se stane když?	Oblast zájmu	Možná definice problému	Možné návrhy opatření
Nebude dost kvalifikovaných zaměstnanců ve firmě	Trh práce v ČR	Nedostatečná kvalifikace zaměstnanců na trhu práce	Propagace rekvalifikací, technických oborů, podpora mezistátních stáží
Nebudou připraveny firmy zavádět Průmysl 4.0	Konkurence schopnost firem	Nedostatečný finanční kapitál	Posílení dotací, vznik strukturovaného sjednoceného plánu pro ČR
Nebude schopnost přejímat závazky EU společných standardů	Standardizace	Neaktuálnost standardizačních procesů	Vznik orgánu zaměřeného na technické normy pro Průmysl 4.0, dostupnost norem v plném rozsahu
Nebude státem připravena legislativa	Legislativy	Pomalé přijetí a úpravy legislativ	Provést revizi existujících legislativ v návaznosti na Průmysl 4.0
Nebude probíhat dostatečný výzkum technologií Průmyslu 4.0	Věda	Nedostatečná provázanost výzkumů a firem	Zlepšení komunikace mezi sektory, zvýšení povědomosti o výhodách Průmyslu 4.0
Nebude probíhat vhodná finanční podpora	Investice	Špatně definovaná finanční politika a konzervativnost investic do nových technologií	Zvolit instituci pro vytvoření vhodné finanční politiky s informační kpaní pro veřejnost
Nebude zájem starší generace o nové technologie	Studium	Minimální podpora zaměstnanců zajímající se o Průmysl 4.0	Zvýšení investic do školících systému a institucí pro vzdělání

Tab.M) Tabulka What-If
Zdroj: www.mpo.cz [56]

8.3 ANALÝZA RIZIK POMOCÍ FMEA

8.3.1.1 Důvody pro využití FMEA

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) je analýza selhání a jejich dopadů je postup založený na rozboru způsobů selhání a jejich důsledků, který umožňuje hledání dopadů a příčin na základě systematicky a strukturovaně vymezených selhání zařízení. Metoda má za cíl identifikovat kritická místa a pravděpodobné chyby související s výrobou nebo v procesu. FMEA umožňuje určit velikost rizika jednotlivých potenciálních vad, a na základě toho pak lze efektivně přijímat opatření pro snížení rizikovosti vady. Metodu FMEA lze použít k identifikaci potenciálu vad v různých fázích návrhu produktu nebo procesu, k identifikaci jejich potenciálních důsledků, k posouzení rizik a k jejich bezpečné prevenci. Použité druhy FMEA jsou vzájemně propojené a závislé. [57]

Cílem FMEA je provést podrobnou analýzu celé výroby z hlediska míry jeho poruchovosti a případných nápravných opatření v předvýrobní fázi, již ve fázi návrhu a technické přípravy, aby bylo dosaženo minimálních ztrát podle předem stanovených požadavků. [48]

Metodu FMEA jsem využil k posouzení rizika stavu kybernetické bezpečnosti v České republice za rok 2020. K zhodnocení jsem využil Zprávu o stavu kybernetické bezpečnosti České republiky za rok 2020 vydané Národním úřadem pro kybernetickou bezpečnost a informační bezpečnost (NÚKIB). Jedná se o výroční zprávu, která vychází ke konci následujícího roku.

8.3.1.2 Výpočet rizikové čísla

Pro zhodnocení rizika pomocí modelu FMEA byl využit koeficient pravděpodobnosti rizika P, význam N a odhalení R. Za pomoci těchto koeficientů vypočtu rizikové číslo (RPN) a jejich porovnání s kritickou hodnotou zjistím, zda odpovídající hodnota je přípustná, či překračuje přípustné riziko. V následující tabulce bude ke každému koeficientu přiřazena určitá slovní spojení, kterým bude odpovídat číselné hodnocení. Hraniční rizikové číslo bylo stanoveno na $(RPN) = 125$. Pro rizika překračující toto číslo bych doporučil se řídit navrženými nápravnými opatřeními. [51]

KRITÉRIA VYHODNOCENÍ ZÁVAŽNOSTI

Důsledek	Kritéria závažnosti důsledku	Známka
Kritický, bez výstrahy	Velmi vysoké hodnocení závažnosti	10
Kritický s výstrahou	Silně znatelná závažnost	9
Velmi závažný	Vysoce znatelná závažnost	8
Závažný	Středně vysoce znatelná závažnost	7
Mírný	Středně znatelná závažnost	6
Nízký	Znatelná závažnost	5
Velmi nízký	Lehce znatelná závažnost	4
Nepatrný	Nepatrná znatelná závažnost	3
Zanedbatelný	Velice lehce znatelná závažnost	2
Žádný	Žádný znatelná závažnost	1

Tab.N) KRITÉRIA VYHODNOCENÍ ZÁVAŽNOSTI

Zdroj: <https://lean6sigma.cz/fmea/>

PRAVDĚPODOBNOST ZÁVADY

Pravděpodobnost závady	Možné četnosti vad	Známka
Velmi vysoká. Neustálé závady	Téměř bez detekce vady (100 % až 86)	10
	S nahodilou detekcí vady (85 %-76 %)	9
Vysoká. Časté závady	S nízkou detekcí vady (75 %-66 %)	8
	Poměrně nízká detekce vady (65 %-56 %)	7
Mírná. Občasné závady.	Středně nízká detekce vady (55 %-46 %)	6
	Středně vysoká detekce vady (45 %-36 %)	5
Nízká. Poměrně málo závad.	Poměrně vysoká detekce vady (35 %-26 %)	4
	Vysoká detekce vady (25 %-16 %)	3
Vzácná. Závada nepravděpodobná.	Velice vysoký detekce vady (15 %-6 %)	2
	Téměř stála detekce vady (5 %-0%)	1

Tab.O) PRAVDĚPODOBNOST ZÁVADY

Zdroj: <https://lean6sigma.cz/fmea/>

KRITÉRIA HODNOCENÍ ODHALITELNOSTI

Odhalitelnost	Kritéria: Pravděpodobnost odhalení	Známka
Absolutní nejistota	Nástroje řízení návrhu neodhalí a/nebo nemohou odhalit potenciální příčinu a následný způsob závady nebo neexistuje řízení pro odhalení	10
Velmi nepravděpodobné	Je velmi nepravděpodobné, že nástroje řízení odhalí potenciální příčinu a následný způsob závady	9
Nepravděpodobná	Je nepravděpodobné, že nástroje řízení odhalí potenciální příčinu a následný způsob závady	8
Velmi nízká pravděpodobnost	Velmi nízká pravděpodobnost, že nástroje řízení odhalí potenciální příčinu a následný způsob závady	7
Nízká pravděpodobnost	Pravděpodobnost, že nástroje řízení potenciální příčinu a následnou závadu je nízká	6
Střední pravděpodobnost	Střední pravděpodobnost, že nástroje řízení potenciální příčinu a následnou závadu odhalí	5
Poněkud vyšší pravděpodobnost	Poněkud vyšší pravděpodobnost, že nástroje řízení potenciální příčinu a následnou závadu odhalí	4
Vysoká pravděpodobnost	Vysoká pravděpodobnost, že nástroje řízení potenciální příčinu a následnou závadu odhalí	3
Velmi vysoká pravděpodobnost	Velmi vysoká pravděpodobnost, že nástroje řízení potenciální příčinu a následnou závadu odhalí	2
Téměř jistota	Téměř jistota odhalení, že nástroje řízení potenciální příčinu a následnou závadu odhalí	1

Tab.P) KRITÉRIA HODNOCENÍ ODHALITELNOSTI

Zdroj: <https://lean6sigma.cz/fmea/>

Návrhy a opatření pro snížení rizika pro digitalizace průmyslové výroby- Kybernetické útoky pro společnost EUROM s.r.o.

V dnešní době je obrana v kyberprostoru velice složitá. Nejlepší obranou proti útokům je prevence, která se dělí na dvě odvětví technickou a právní. Běžně totiž dochází k narušení bezpečnosti hackery několika různorodými útoky naráz. Technická opatření proti nabourání do systému může mít mnoho podob od antivirů, přes sofistikované logovací systémy po hardwarová zařízení pro odklonění vnějších kybernetických útoků. Pravidelnými technickými audity, které provádí najmutí etický hacker lze vystopovat zranitelná místa a zajistit vhodná technická řešení. Ve firmách se zavádějí také právní opatření, které jsou často doporučeny v rámci auditu. Tyto interní předpisy jsou povinni zaměstnanci dodržovat v rámci smlouvy s dodavatelem, či zaměstnavatelem. Technické opatření bez dodržování právních opatření jsou lehce napadnutelná. Digitalizace přináší vyšší efektivitu, ale řadu hrozeb, kterým je třeba se vyvarovat a přijímat opatření, které tyto rizika redukuje. [53]

Ve své analýze jsem identifikoval jako největší riziko ransomware, který je na vzestupu v Česku od roku 2019. Jedná se malware, který zašifruje soubor nebo zablokuje přístup do počítačového systému. Pak pachatel požaduje po napadeném výkupné, nejčastěji v kryptoměně. V rámci prevence je důležité proškolit zaměstnance, aby nestahovali přílohy a neotevírali odkazy u kterých si nejsou jisti jejich původem. Tyto podmínky by měly patřit mezi nedílnou součást právního předpisu. Po technické stránce bych navrhl se pokusit najít nejvhodnější antivirový program s pravidelnou aktualizací. Pokud bych tento malware zachytil v systému, tak by bylo důležité neprodleně jej segregovat a pokusil se izolovat rozšíření dále v síti. Stejný přístup bych zvolil, pokud by došlo k napadení druhým trojským koněm na seznamu tedy Spywarem, který má naopak klesající tendence výskytu a nepřekračuje hraniční rizikové číslo. [52]

Druhým identifikovaným největším rizikem je DDoS „Distribuované odmítnutí služby“ útok. Dochází při něm k vyřazení webových stránek, či aplikace. Pokud je útok dostatečně silný je schopný vyřadit subjekt i na několik dní. Hacker odešle na server velké množství provozu, aby zahltil systém a tím donutil, aby určité prvky či celý server se stal nefunkční. [49] Pokud přichází útok jenom z jednoho zdroje, tak se útok nazývá pouze DoS. Obranná opatření jsou zachytit včas vysoký provoz v porovnání s historickým průměrem. Zavedeme omezení na horní hranici přijmutí žádosti, uložení dat na více serverů nebo geograficky blokovat IP adresy, které během útoku měly příliš velké množství návštěv. [50]

Mimo zmiňované návrhy a opatření bych ještě uvedl pravidelné zálohování na externích serverech. V případě útoku nebýt nucen přistoupit na podmínky hackera s připuštěním pouze lehkých ztrát na datech. Měnit hesla ve firmě v pravidelném cyklu. A zvážit, či si nezřídit pojištění proti kybernetickým útokům.

Viz.

Tab.Q) Výpočet rizikového čísla před opatřením a po opatření-Kybernetické útoky
Zdroj: <https://www.nukib.cz/cs/infoservis/dokumenty-a-publikace/zpravy-o-stavu-kb/>

Název FMEA			Zpracovatel					Datum konání FMEA					FMEA-Typ					
Digitalizace průmyslové výroby- Kybernetické útoky			Bc. Jan Vínovský					20.04.2022					FMEA-P					
Předmět FMEA			Zodpovědná oblast					FMEA-Stav					Datum poslední změny					
Analýza rizik digitalizace průmyslové výroby			Bc. Jan Vínovský					Průběžná					20.05.2022					
Funkce	Možná vada	Možný důsledek vady	Význam (N)	Možné příčiny	Výskyt (P)	Stávající opatření pro prevenci	Stávající řízení procesu	Odhalení (R)	RPN	Doporučená opatření	Odpovědnost	Termín	Provedená opatření	Význam (N)	Výskyt (P)	Odhalení (R)	RPN	Stav
Vyřizování objednávek e-mail	Ransomware (Trojský kůň)	Nefungující PC, či možná ztráta přístupu do souborů v PC	10	Otevření přílohy nebo odkazu v E-mailu	2	Antivirus	Právní interní řád	7	140	Školení 2x za rok, Zálohování dat 2x za měsíc, Zvolení vhodného antiviru	IT oddělení, Osoba pověřená proškolením	4.4.2022	Zavedení pravidelného školení, Zavedeno pravidelné zálohování, Zvolení vhodný antivirus	10	2	2	40	Akceptovatelný
	Spyware (Trojský kůň)	Sběr dat z PC bez vědomí uživatele	8	Otevření přílohy nebo odkazu v E-mailu	2	Antivirus	Právní interní řád	8	128	Školení 2x za rok, Zálohování dat 2x za měsíc, Zvolení vhodného antiviru	IT oddělení, Osoba pověřená proškolením	4.4.2022	Zavedení pravidelného školení, Zavedeno pravidelné zálohování, Zvolení vhodný antivirus	8	2	2	32	Akceptovatelný
Využití veřejně dostupného PC k přístup k interní cloudu	Kompromitace uživatelského účtu	Únik informace z databáze	6	Zapomenutí přihlášení z interního emailu	2	Není	Není	2	24	Žádné				6	2	2	24	Akceptovatelný
Vyřizování e-mailů	Kyberšikana, nevhodné sdělení	Obtěžující obsah	7	Špatné sociální vztahy	3	Není	Interní řád	3	63	Školení 1x rok	Osoba pověřená proškolením	30.4.2022	Provdané školení	7	1	1	7	Akceptovatelný
Při získávání zakázky	DoS, DDoS útok	Neschopnost přístupu do systému	10	Cílí útok na firmu z důvodu konkurenci	2	Zavedení omezení na horní hranici přijmutí žádosti	Kontrola IT oddělení nápor na server	9	180	Najmutí externí auditorské firmy	Externí auditorská firma	5.5.2022	Blokace geografická blokace IP adres	8	2	3	48	Akceptovatelný

Vyhodnocení po opatření pro digitalizace průmyslové výroby-Kybernetické útoky pro společnost EUROM s.r.o.

Rizikové číslo se podařilo snížit pod hraniční riziko (RPN) =125.

Tudíž není potřeba dále zavádět nová opatření. V momentální situaci by stačilo monitorovat další průběh. V budoucnu bych se pokusil zaměřit více školení na ransomware, jelikož má tento malware vzestupnou tendenci s vidinou zisku pro hackerskou komunitu. Během pandemie byl na nemocnice vytvářen vysoký tlak, právě proto byly velmi atraktivním terčem ransomwarých hackerů. Další potenciální riziko vidím v DDoS útocích. Napadení globálního měřítka by ochromilo společnost, i když už existují sofistikované opatření. Tak síla DDoS útoků každým rokem stoupá na síle.

Firmou byly vynaloženy finance na

- Zavedení pravidelných školení na IT bezpečnost – 40 000 Kč/půlrok
- Zavedení celopodnikové zálohování systému – 50 000 Kč
- Koupě nové licence antivirové ochrany na 10 let – 188 000 Kč
- Etiku a kyberšikanu ve firmě – 20 000 Kč
- Najmutí auditorská firma zaměřující se na IT bezpečnost – 300 000 Kč

Návrhy a opatření pro snížení rizika pro digitalizace průmyslové výroby- cloudové uložiště pro společnost EUROM s.r.o

Cloudové sítě fungují velice bezpečně. Návrhy pro opatření se týkají velice konkrétních situací, jak jsem již rozebíral v předešlém textu. Cloudové uložiště jsou po právu díky svým vlastnostem velké oblibě. Přesto jsem se pokusil identifikovat nejvýznamnější rizika spojená s cloudovými uložišti. Mezi nejvýznamnější patří nedostatečná podpora IT. Navrhnutá řešení je možnost posílení IT podpory. Další možností je se pokusit předělat část helpdesku, aby byl přehlednější a rychleji vedl uživatele k vyřešení problému. Poté jsem druhá nejrizikovější byl únik citlivých dat na veřejnost. V tomto případě by se jednalo o potenciální sabotáž z konkurenčních firem. Kdyby se toto podařilo, tak pro zlepšení PR bych doporučil kompletní technický audit s velkými investicemi pro zlepšení veřejného mínění.

Jedním z důvodů výpadků může být válka na Ukrajině, kde také sídlí množství serverů, které jsou připojeny ke cloudu. Potenciální fyzické zničení mohla doprovázet výpadky cloudu. Avšak během války nedošlo k výpadku a nebylo potřeba se přizpůsobit vzniklé situaci.

Viz.

Tab.R) Výpočet rizikového čísla před opatřením a po opatření cloudových uložišť

Název FMEA			Zpracovatel					Datum konání FMEA					FMEA-Typ					
Digitalizace průmyslové výroby- cloudové uložště			Bc. Jan Vínovský					20.04.2022					FMEA-P					
Předmět FMEA			Zodpovědná oblast					FMEA-Stav					Datum poslední změny					
Analýza rizik digitalizace průmyslové výrob			Bc. Jan Vínovský					Průběžná					20.05.2022					
Funkce	Možná vada	Možný důsledek vady	Význam	Možné příčiny	Výskyt	Stávající opatření pro prevenci	Stávající řízení procesu	Odhalení	RPN	Doporučená opatření	Odpovědnost	Termín	Provedená opatření	Význam	Výskyt	Odhalení	RPN	Stav
Nahrávání dat	Výpadek cloudu	Nepřístupnost do cloudu	7	Z důvodu vátky na Ukrajíně	2	Není	Postup dle technický řád	9	126	Přemostit tok dat na jiné servery	Datový technik	4.5.2022	Změna využívaných serverů	8	2	3	48	Akceptovatelný
	Zneužití firmou dat vládní agenturou	Přístup vládní agentury k osobním datům	8	Zájem vládní agentury o moji osobu	1	Nelze zavést	Podat data a nesmí nikoho o tom informovat	10	80	Nelze zavést	Vládní agentura			8	1	10	80	Akceptovatelný
Kontakt IT podpory cloudu	Nedochází k zpětné vazbě	Nevyřešení problému	5	Nedostatečný team IT podpory	7	Není	Čekání na odezvu	5	175	Najmout další pracovníky IT podpory	HR managment	1.5.2022	Byl najmutí nový zaměstnanci	5	2	5	50	Akceptovatelný
Kontrola správné funkce sítě	Únik informací	Zhoršení PR o bezpečnosti, ztráta dat	9	Sabotáž za účelem obohacení	2	Interní právní předpisy společnosti	Nalezení viníka a poté podání žaloby	9	162	Zvýšení pokut v interním právním řádu, bezpečnosti dat	Právní oddělení, IT oddělení	1.5.2022	Zpřísnění právního řádu, 1xročně technický audit zaměřený na funkčnosti	9	1	5	45	Akceptovatelný
Neschopnost se připojit k úctů	Krátký výpadek	Přechod ke konkurenci	3	Aktualizace cloudu	1	Není	Omluva ze strany provozovatele	3	9	Žádné				3	1	3	9	Akceptovatelný

Vyhodnocení pro digitalizace průmyslové výroby-cloudové uložení pro společnost EUROM s.r.o

Rizikové číslo se podařilo snížit pod hraniční riziko (RPN) =125.

Po zavedení doporučených opatření byli všechny pod hranicí nepřijatelného rizika. Riziková čísla jsou akceptovatelné u některé se nepřibližují hraniční hodnotě. Přesto bych dál jejich pohyb do budoucna monitoroval.

Firmou byly vynaloženy finance na

- Nového IT zaměstnance – plat 55 000 Kč/měsíčně
- Technický audit zaměřený na funkčnost – 500 000 Kč
- Ušlý zisk při výpadcích – 100 000 Kč až 200 000 Kč

9 ZHODNOCENÍ A DISKUZE

Jak je vidno z výše uvedených informací, v současné době probíhá čtvrtá průmyslová revoluce spočívající v zavádění nemodernějších systémů a technologií nejen do průmyslové výroby, ale i do běžných součástí lidských životů.

Jako všechny zásadní revoluce, i tato sebou však přináší mimo početných pozitiv i negativa. Jelikož dojde k maximálnímu globálnímu propojení podniků a všech dalších aspektů lidských životů, bude proces globalizace vyhnán do svého maxima. Navíc k propojení bude využíváno především kybernetického prostředí, které není doposud jednotně regulované a hlídané, a vyskytuje se v něm spousta subjektů, jejichž cílem je spřádat a podnikat kybernetické útoky. Tím, že budou propojeny průmyslové podniky, zákazníci, dodavatelé i státy, v kybernetickém prostředí se najednou vyskytne mnohem více dat, informací i peněz, což povede i k navýšení počtu kybernetických útoků. Současně se zaváděním konceptu Průmyslu 4.0 tak bude zapotřebí vyvíjet i ochranná a bezpečnostní opatření, která budou odpovídat reálným bezpečnostním hrozbám.

V kapitole Vize budoucnosti nebyly zmiňovány žádné koncepty, které by v budoucnu mohly být v rámci průmyslové výroby a průmyslových podniků zavedeny. Proč tomu tak bylo je jednoduché. Pokud bychom se zajímali o blízkou budoucnost konceptu Průmysl 4.0, v ní bude zapotřebí především zintenzivnit samotnou implementaci koncepce do reálného provozu. V současné době se může totiž hotovou implementací pochlubit pouze několik podniků. Samozřejmě budou v budoucnosti vznikat důmyslnější a technologicky vyspělé systémy, ale v blízké budoucnosti považují za nejdůležitější, aby stát i jednotlivé podniky podporovaly zavádění již existujících systémů do praxe.

Jak je vidno ze současných legislativních opatření týkajících se čtvrté průmyslové revoluce, dá se říct, že neexistují. V České republice sice vzniklo několik státních dokumentů, které se zaobírají přímo čtvrtou průmyslovou revolucí a konceptem Průmysl 4.0, nicméně, mají spíše informativní charakter. Stát se intenzivně nesnaží o rychlejší zavádění myšlenek koncepce do českých podniků, a ani tento proces nikterak přímo nepodporují.

České podniky by tak měly vyvinout vlastní iniciativu, seznámit se s konceptem Průmysl 4.0 a zjistit, jaké konkrétní výhody by jim zavedení jednotlivých myšlenek do jejich výroby pomohlo. Díky tomu, že se Česká republika vyskytuje v bezprostřední blízkosti Německa, mohou české firmy čerpat informace a poznatky právě od německých kolegů, kteří jsou v zavádění technologií Průmyslu 4.0 o krok napřed. Stejně tak by se česká vláda měla o koncept zajímat intenzivněji a měla by být v blízké budoucnosti vyvinuta jednotná legislativa, která by cílila přímo na čtvrtou průmyslovou revoluci. Současně by měl český stát podniky a firmy podporovat v zavádění moderních technologií do jejich výroby, jelikož by to byl právě stát, který by nakonec z moderních „chytrých“ továren čerpal výhody.

V první části SWOT analýzy jsem určil dle důležitosti vybrané prvky v interním a externím prostředí, nejdůležitější prvek jsem dále vyhodnotil. Poté jsem posoudil vzájemné vztahy mezi faktory a doporučil jsem vhodnou strategii. Strategie vyšla maximalizace silných stránek s maximalizací příležitostí, také popisovanou jako agresivně orientovaná růstová strategie. V Česku se naskýtá velká příležitost růst při vhodném využití silných stránek. Také se dá z analýzy vyčíst, že výsledky ostatních vzájemných vztahů nebyly od zvolené strategie natolik vzdálené, abych mohli prohlásit, že výrazně větším vzorkem znaků by se výsledek analýzy nemohl změnit.

Poté jsem pomocí analýzy rizik What-If zhodnotil implementaci Průmyslu 4.0 v průmyslových podnicích. Pokusil jsme se v každém odvětví, kterým jsem se zabýval ve své diplomové práci najít vhodnou otázku do budoucna, která by měla přinést s ní spojený možný problém a vhodné možné opatření. Z hodnocení opatření lze prohlásit, že v České republice není dostačující infrastruktura pro zavedení Průmyslu 4.0, nedostatečná podpora vědecké obce, nedochází k informovanosti kampani o možnostech Průmyslu 4.0 a mnoho dalších existujících rizik pro zavádění Průmyslu 4.0 v průmyslovém podniku.

Pro identifikaci možného rizika jsem použil analýzu rizik FMEA pro stav kybernetické bezpečnosti a stav cloudových uložišť ve společnosti EUROM s.r.o. Po výpočtu dle stanovených koeficientů mi vyšla hraniční rizikovost na $RPN = 125$. Před opatření jsem objevil tři jevy, které převyšovali přípustné riziko kybernetické bezpečnosti DDoS útok, trojský kůň ransomware a trojský kůň spyware. U analýzy cloudových uložišť vyšly tři hodnoty přesahující kritické riziko, tedy únik informací, výpadek cloudu a nespoupracuje IT podpora. Poté jsem k nim zvolil vhodné opatření, abych dosáhl přípustných hodnot. Hodnoty se mi podařilo dostat do meze přijatelnosti, avšak důrazně doporučuji monitorovat případné změny. Ostatní rizikové hodnoty byly po opatření pod hranicí rizika v oblasti mírného rizika, proto není potřeba zvýšené ostražitosti. Všechny hodnoty byly po opatření akceptovatelné. Pro celou analýzu vycházím z akceptace opatření pro firmu ředitelem pobočky a schválení financí z mateřské společnosti sídlící v Nizozemí. Celý problém jsem řešili na poradách, avšak firma se stále vzpamatovává ekonomického propadu způsobené pandemií, takže jsou tyto opatření naplánovány do budoucna.

10 ZÁVĚR

Závěrečná práce nesoucí název „Digitalizace průmyslové výroby“ měla za cíl zhodnotit a sepsat nejnovější poznatky týkající se v současné době probíhající čtvrté průmyslové revoluce neboli konceptu Průmysl 4.0.

Na úvod této práce byly popsány tři předcházející průmyslové revoluce, které se navzájem velice intenzivně ovlivnily. Jedna bez druhé by nemohla proběhnout, stejně tak jako současné čtvrtá revoluce by nemohla vzniknout bez předchozích třech revolucí. Každá z průmyslových revolucí byla charakteristická různými vynálezy, které zásadně pomohly v rozvoji průmyslu. Ať již se jednalo o parní stroj, pásovou výrobu, spalovací motor nebo počítač.

V další kapitole byla pozornost práce soustředěna na čtvrtou průmyslovou revoluci, koncept Průmysl 4.0, který probíhá v současné době. Čtvrtá průmyslová revoluce byla definována jako transformace průmyslové výroby z dosavadních vzájemně oddělených a nepropojených automatizovaných linek v síť plně propojených a vzájemně integrovaných elektronických zařízení v rámci každého průmyslového podniku. Pozornost byla věnována také tomu, jak jsou jednotlivé součásti koncepce Průmysl 4.0 v současné době již implementovány do světových i českých průmyslových podniků. Zde bylo zjištěno, že ačkoliv si Česká republika v některých oblastech nestojí nejhůře, stále ve většině podniků systémy a technologie patřící ke čtvrté průmyslové revoluci nejsou zavedeny.

Následně bylo popsáno, na jakých konkrétních technologiích celý koncept Průmysl 4.0 stojí, a jednotlivé systémy byly následně krátce popsány (Internet věcí, cloudová úložiště, Big data, virtuální realita, automatizace a robotizace, aj.). Zajímala nás také bezpečnost celého konceptu Průmysl 4.0, kdy bylo zjištěno, že podniky se sice díky robotizaci a automatizaci stanou pro zaměstnance bezpečnější, nicméně s kybernetickým propojením dojde ke vzniku dalších bezpečnostních výzev, jako jsou kybernetické útoky a zajištění dat v kybernetickém prostoru. Co se otázky vývoje a budoucnosti Průmyslu 4.0 týče, bylo vyzdvíženo, že nyní se bude celosvětově intenzivně pracovat na tom, aby byly technologie a systémy zavedeny do skutečné průmyslové výroby. Celý proces by měl být ukončen do zhruba 30 let.

Práce se zaměřila i na otázky legislativní, kdy bylo zjištěno, že doposud jsou legislativní opatření nedostačující, které by se skutečně zaobíraly technologiemi, bezpečnostní nebo provozem chytrých továren. Konkrétně český stát sice s termínem Průmysl 4.0 již operuje, stále však pouze na příliš obecné úrovni. Nedochází tedy k dostačující přímé podpoře podniků ze strany státu, které by skutečně stály o zavádění nových a moderních technologií do svých výrobních okruhů.

Pomocí SWOT analýzy se mi podařilo zhodnotit nejdůležitější faktory iniciace Průmyslu 4.0 v České republice a dle výsledků zvolit vhodnou strategii. Využitím analýzy rizik What-If zhodnotit implementaci Průmyslu 4.0 v průmyslových podnicích. Výsledkem bylo nespokojivá připravenost ve všech odvětvích. Nejvýraznějším spojovatelem rizik je nepřipravenost státu a jeho slabá podpora průmyslu. Pro identifikaci možného rizika cloudových uložišť a kybernetické bezpečnosti jsem využil rizikovou analýzu FMEA. Výsledek pro kybernetickou bezpečnost nebyl překvapivý, jelikož útoky ransomwaru a DDoS jsou v dnešní době vnímány jako největší rizika napříč odvětvími. U analýzy rizik FMEA pro cloudové uložiště přesáhlo kritickou hranici únik dat, výpadek cloudu a nespolečná IT podpora.

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] MARCOŇ, P., 2016. Průmysl 4.0 (Industry 4.0). Brno. Institut Experimentálních Technologí. [online], [2022-04-17]. Dostupné z: http://www.utee.feec.vutbr.cz/iet/wpcontent/uploads/sites/2/2016/10/Industry4_0_Marcon.pdf
- [2] Kolektiv autorů, 2017. Průmysl, vzdělávání, práce, společnost 4.0. Praha: Českomoravská konfederace odborových svazů. ISBN 978-80-86809-23-6
- [3] MAŘÍK, V. a kol., 2016. Průmysl 4.0 Výzva pro Českou republiku. Praha: Management Press. ISBN 978-80-7261-440-0.
- [4] Dějepis.com. 1997: StudioSCHNEIDER & Jakub Oubrecht, 2017, [online], [cit. 25-04-2022]. Dostupné z: <http://www.dejepis.com/>
- [5] MAREŠ, J. 1988. Industrializace Československa, - její klady a zápory. Sborník Československé geografické společnosti. 93, č. 3, s. 183-198.
- [6] GIDDENS, A, SUTTON, PW. Sociologie. 1 vydání, Praha: Argo, 2013. ISBN: 978-80-257-0807-1.
- [7] REMEK, B., 2012. Automobil a spalovací motor. Praha: Grada Publishing. ISBN: 978-80-247- 3538-2.
- [8] SCHWAB, K., 2017. The Fourth Industrial Revolution. Londýn: Portfolio/Penguin. ISBN 978- 0-241-30075-6
- [9] ZELENÝ, J.; MANNOVÁ, B. Dějiny počítačů. Praha: Scientia, 2006.
- [10] MCKINSEY. 2015. Průmysl 4.0 [online], [2022-04-28]. Dostupné z: <https://byznys.hn.cz/c1-66350910-digitalizace-muze-zvysit-hdp-ceska-o-680-miliard-rocne-uvadi-studie-mckinsey-v-pristich-letech-by-se-mela-automatizovat-az-ctvrtina-prace>
- [11] DELOITTE SUISSE. 2017. Průmysl 4.0 [online], [2022-04-28]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/cz/cs/pages/consumer-and-industrial-products/topics/prumysl-4-0.html>
- [12] MPO. 2016. Průmysl 4.0 online], [2022-04-25]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/64358/658713/priloha001.pdf>
- [13] AUTOMA. 2019. Industrie 4.0: mezi konceptem a technickou praxí [online], [2022-04-17]. Dostupné z: https://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/12036.pdf
- [14] TALEB, Nassim. Černá labuť: následky vysoce nepravděpodobných událostí. Praha: Paseka, 2011. ISBN 978-80-7432-128-3.
- [15] Mordor Intelligence. 2020. INDUSTRY 4.0 MARKET - GROWTH, TRENDS, COVID-19 IMPACT, AND FORECASTS (2022 - 2027) [online], [2022-04-17]. Dostupné z: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/industry-4-0-market>
- [16] ICT REVUE. 2019. Cloudová úložiště. Praha: Economia.
- [17] Industry 4.0: Can Japan (and Will) compete? Strategy 4.0 Blog [online], [2022-04-17]. Dostupné z: <http://strategy4.org/my-blog/industry-40-can-japan-and-will-compete>
- [18] Readiness for the Future of Production Report 2018 [online], [2022-04-17]. I. Geneva: ©World Economic Forum, 2018. ISBN 978-1-944835-16-3. Dostupné z: http://www3.weforum.org/docs/FOP_Readiness_Report_2018.pdf
- [19] World Robotics Survey. International Federation of Robotics [online]. Frankfurt am Main: © IFR 2019, 2018 [2022-04-17]. Dostupné z: <https://www.ifr.org/>
- [20] KEJHOVÁ, K. 2017. Nástup Průmyslu 4.0 v českých zemích [online], [2022-04-17]. Dostupné z: <https://ekonom.cz/c1-65663110-nastup-prumyslu-4-0-v-ceskych-firmach>

- [21] SUNDMAEKER, H. Vision and Challenges for Realising the Internet of Things. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2010. ISBN 978-92-79-15088-3
- [22] Internet of Things. 2018. IERC European Research Cluster on the Internet of Things [online]. Dostupné z: http://www.internet-of-things-research.eu/about_iot.htm
- [23] IoT Port. 2020. Co to je IoT? [online], [2022-04-17]. Dostupné z: <https://www.iotport.cz/iot-novinky/ostatni-clanky-o-iot/co-to-je-iot>
- [24] GENDRON, Michael S. Business intelligence and the cloud: strategic implementation guide. 1. [New Jersey]: Wiley, 2014. ISBN 978-1-118- 63172-0.
- [25] LEIMBACH, Timo. Potential and impacts of cloud computing services and social network websites: study. Luxembourg: Publications Office, 2014. ISBN: 9789282352717.
- [26] Microsoft. 2015. Azure cloud systém [online], [2022-04-17]. Dostupné z: <https://azure.microsoft.com/cs-cz/overview/what-is-the-cloud/>
- [27] CUBR, Ladislav. Dlouhodobá ochrana digitálních dokumentů. 1. vyd. Praha: Národní knihovna České republiky, 2010. 154 s. ISBN 978-80- 7050-588-5.
- [28] VELTE, AT. Cloud computing: praktický průvodce. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2011, 344 s. ISBN 978-80-251-3333-0.
- [29] Big Data. Managment Mania [online], [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/big-data>
- [30] What is Big Data. SAS [online], [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: https://www.sas.com/cs_cz/insights/big-data/what-is-big-data.html
- [31] VEBER, Jaromír, et al. 2018. Digitalizace ekonomiky a společnosti: výhody, rizika, příležitosti. Praha: Management Press, ISBN 978-80-7261-554-4.
- [32] CDR server. 2021. Výhody průmyslové automatizace s využitím robotů [online], [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: <https://cdr.cz/clanek/vyhody-prumyslove-automatizace-s-pomoci-robotu>
- [33] TechEDU. 2016. Virtuální realita v průmyslu? Již se využívá [online], [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: <https://techedu.cz/clanky/59/virtualni-realita-v-prumyslu-uz-se-vyuziva>
- [34] CHUA, CK, LEONG, KF, LIM, CS. Rapid prototyping: principles and applications. New Jersey: World Scientific, 2010. 512 stran. ISBN 98-127-7897-7.
- [35] CHANG, JW, PARK, SA, PARK, JK, CHOI, JW, KIM, YS. 2014. Tissue-engineered tracheal reconstruction using three-dimensionally printed artificial tracheal graft: preliminary report. Artif Organs. 38: E95-E105.
- [36] GONER, J, KLOSKI, LW, KLOSKI, N. Začínáme s 3D tiskem. 1 vydání, Praha: Computer Press, 2017. 216 stran. ISBN: 978-80-251-4876-1.
- [37] BOZP. 2019. Průmysl 4.0 [online], [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: <https://zsbozp.vubp.cz/pracovni-prostredi/odvetvi/prumysl-4-0/464-prumysl-4-0-uvod-do-problematiky>
- [38] ŠIMÁK, B, SLÁDEK, O. 2016. Bezpečnost v průmyslech systému 4.0 [online], [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/on-line-clanky/2016/07/bezpecnost-systemech-prumyslu-4-0.html>
- [39] FIRMA4.CZ. 2020. Regulace pro průmysl 4.0 [online], [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: <http://firma4.cz/regulace/>
- [40] MPO. 2020. Iniciativa Průmysl 4.0 [online], [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/64358/658713/priloha001.pdf>
- [41] Evropská komise. 2010. Strategie pro inteligentní a udržitelný růst podporující začlenění [online], [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:2020:FIN:CS:PDF>

- [42] Úvodní stránka | Vláda ČR [online]. Copyright © [cit. 18.05.2022]. Dostupné z: https://www.vlada.cz/assets/media-centrum/aktualne/ma_KORN9YAKXSHL_REV_2-fin.pdf
- [43] Ministerstvo průmyslu a obchodu [online]. Copyright © [cit. 18.05.2022]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/assets/cz/e-komunikace-a-posta/Internet/2013/4/Digi_esko_v.2.0.pdf
- [44] ÚNMZ. ÚNMZ – ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ [online]. Dostupné z: <https://www.unmz.cz/urad/pravni-predpisy-r27>
- [45] Nový zákon o zpracování osobních údajů | epravo.cz. EPRAVO.CZ – Váš průvodce právem - Sběrka zákonů, judikatura, právo [online]. Copyright © EPRAVO.CZ [cit. 19.05.2022]. Dostupné z: <https://www.epravo.cz/top/clanky/novy-zakon-o-zpracovani-osobnich-udaju-109312.html>
- [46] NIS2 zpřísní nároky na kyberbezpečnost firem i státu [online]. Dostupné z: www.systemonline.cz/it-security
<https://www.systemonline.cz/it-security/>
- [47] TICHÝ, Milík. Ovládání rizika: analýza a management. V Praze: C.H. Beck, 2006. Beckova edice ekonomie. ISBN 80-7179-415-5.
- [48] FMEA Analýza příčin a důsledků. *Svět produktivity* [online]. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/slovník/FMEA-Analyza-pricin-a-dusledku.htm>
- [49] Co je DDoS útok a jak mu zabránit v roce 2022. *10 nejlepších antivirů [2022]: Windows, Android, iOS a Mac* [online]. Copyright © 2022 SafetyDetectives [cit. 20.05.2022]. Dostupné z: <https://cs.safetymasters.com/blog/co-je-ddos-utok-a-jak-mu-zabranit/>
- [50] DDoS útoky a ochrana proti nim aneb Proč jen firewall nestačí. *MasterDC – Specialisté na firemní IT infrastrukturu* [online]. Copyright © 2022 MasterDC [cit. 20.05.2022]. Dostupné z: <https://www.master.cz/blog/anti-ddos-ochrana-proc-firewall-nestaci/>
- [51] FMEA – Vyhodnocení rizik – Lean Six Sigma. *Lean Six Sigma – Vyšší kvalita, výkonnost a zákaznická spokojenost* [online]. Copyright © 2022 Lean Six Sigma [cit. 20.05.2022]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/fmea/>
- [52] Jak se účinně bránit ransomwaru - acronis.cz. *Acronis - softwarové nástroje pro zálohování a ochranu dat* [online]. Copyright © [cit. 20.05.2022]. Dostupné z: <https://www.acronis.cz/ochrana-proti-ransomwaru/>
- [53] KYBERNETICKÉ ÚTOKY A JAK JIM PŘEDCHÁZET – SamuelKral. *SamuelKral – JUDr. Samuel Král, advokát* [online]. Dostupné z: <https://samuelkral.cz/2020/02/kyberneticke-utoky-a-jak-jim-predchazet/>
- [54] Vlastní cesta. *Začněte růst s profesionálními mentory | Vlastní cesta* [online]. Dostupné z: <https://www.vlastnicesta.cz/metody/swot-analyza/>
- [55] BLAŽKOVÁ, Martina. *Marketingové řízení a plánování pro malé a střední firmy*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1535-3.
- [56] Iniciativa Průmysl 4.0 | MPO. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. Copyright © Copyright 2005 [cit. 22.05.2022]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/rozcestnik/ministerstvo/aplikace-zakona-c-106-1999-sb/informace-zverejnovane-podle-paragrafu-5-odstavec-3-zakona/-iniciativa-prumysl-4-0--230485/>
- [57] Metody a způsoby hodnocení rizik na pracovišti | BOZP.cz. *Dokumentace BOZP a PO | BOZP.cz* [online]. Copyright © 2022 CRDR spol. s r.o. [cit. 22.05.2022]. Dostupné z: https://www.dokumentacebozp.cz/aktuality/metody-hodnoceni-rizik-bozp/#kap_12

12 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Čtyři prozatímní průmyslové revoluce.....	13
Obr. 2: První parní stroj.	16
Obr. 3: Průmyslová výroba 19. století.	17
Obr. 4: První spalovací motor.	18
Obr. 5: Průmyslová výroba 20. století.	19
Obr. 6: První počítač.	21
Obr. 7: Průmyslová výroba na konci 20. století.	22
Obr. 8: Hlavní princip Průmyslu 4.0 je propojenost všech subjektů v průmyslovém podniku v jeden celistvý systém, který spolu reaguje.....	24
Obr. 9: Základní technologické pilíře konceptu Průmysl 4.0.	26
Obr. 10: Očekávaný vývoj koncepce Průmysl 4.0 v jednotlivých zemích světa mezi léty 2021-2026.	30
Obr. 11: Úroveň robotizace v jednotlivých průmyslových odvětví ČR k roku 2017.	33
Obr. 12: Koncept chytré továrny.....	35
Obr. 13: Základní princip Internetu věcí v průmyslových podnicích.	38
Obr. 14: Fungování cloud computingu.	41
Obr. 15: Základní principy systému Big data.	45
Obr. 16: Automatizovaná a robotizované průmyslová výroba.....	47
Obr. 17: Automatizovaná a robotizované průmyslová výroba.....	48
Obr. 18: Virtuální realita využitá v průmyslové výrobě.....	50
Obr. 19: Díky 3D tisku je možné vyrábět i složité tvary, například automobilové součástky.	55

13 SEZNAM TABULEK

TAB.A)	MATICE STRATEGII SWOT ANALÝZY	67
TAB.B)	SILNÉ A SLABÉ STRÁNEK DIGITALIZACE PRŮMYSLU PODNIKU	68
TAB.C)	PŘÍLEŽITOSTI A HROZBY PLYNUJÍCÍ Z DIGITALIZACE PRŮMYSLU V PODNICÍCH	69
TAB.D)	SROVNÁNÍ SILNÝCH STRÁNEK DLE VÁHY DŮLEŽITOSTI.....	70
TAB.E)	SROVNÁNÍ SLABÝCH STRÁNEK DLE VÁHY DŮLEŽITOSTI	71
TAB.F)	POSUZOVÁNÍ PŘÍLEŽITOSTÍ STRÁNEK DLE VÁHY DŮLEŽITOSTI.....	71
TAB.G)	POSUZOVÁNÍ HROZEB STRÁNEK DLE VÁHY DŮLEŽITOSTI	72
TAB.H)	VZÁJEMNÝCH VZTAHŮ MEZI SILNÝMI STRÁNKAMI A PŘÍLEŽITOSTMI	73
TAB.I)	VZÁJEMNÝCH VZTAHŮ MEZI SLABÝMI STRÁNKAMI A PŘÍLEŽITOSTMI	73
TAB.J)	VZÁJEMNÝCH VZTAHŮ MEZI SILNÝMI STRÁNKAMI A HROZBAMI	74
TAB.K)	VZÁJEMNÝCH VZTAHŮ MEZI SLABÝMI STRÁNKAMI A HROZBAMI	74
TAB.L)	DOSAZENÍ DO MATICE STRATEGII SWOT ANALÝZY	75
TAB.M)	TABULKA WHAT-IF	76
TAB.N)	KRITÉRIA VYHODNOCENÍ ZÁVAŽNOSTI.....	78
TAB.O)	PRAVDĚPODOBNOST ZÁVADY.....	79
TAB.P)	KRITÉRIA HODNOCENÍ ODHALITELNOSTI	80
TAB.Q)	VÝPOČET RIZIKOVÉHO ČÍSLA PŘED OPATŘENÍM A PO OPATŘENÍ- KYBERNETICKÉ ÚTOKY	81
TAB.R)	VÝPOČET RIZIKOVÉHO ČÍSLA PŘED OPATŘENÍM A PO OPATŘENÍ CLOUDOVÝCH ULOŽIŠŤ.....	86