



# Vliv čtvrté průmyslové revoluce na konkrétní podnik v České republice

## Bakalářská práce

*Studijní program:*

B0413A050006 Podniková ekonomika

*Studijní obor:*

Management výroby

*Autor práce:*

**Petr Nohýnek**

*Vedoucí práce:*

Ing. Blanka Brandová, Ph.D.

Katedra ekonomie







## Zadání bakalářské práce

# Vliv čtvrté průmyslové revoluce na konkrétní podnik v České republice

*Jméno a příjmení:* **Petr Nohýnek**  
*Osobní číslo:* E19000095  
*Studijní program:* B0413A050006 Podniková ekonomika  
*Specializace:* Management výroby  
*Zadávací katedra:* Katedra ekonomie  
*Akademický rok:* **2021/2022**

### Zásady pro vypracování:

1. Stanovení cílů a formulace výzkumných otázek.
2. Historie průmyslových revolucí a jejich dopady.
3. Teoretická rovina průmyslu 4.0.
4. Řešení problematiky průmyslu 4.0 v konkrétním podniku.
5. Formulace závěrů a zhodnocení výzkumných otázek.

Rozsah grafických prací:  
Rozsah pracovní zprávy:  
Forma zpracování práce:  
Jazyk práce:

30 normostran  
tištěná/elektronická  
Čeština



### Seznam odborné literatury:

- KRAFT, Jiří, Andrej Aleksandrovič ZAJCEV a Aleksandr Vladimirovič ZAJCEV, 2017. *Discovering the lean production secrets on the verge of industry 4.0*. Liberec: Technical University of Liberec. ISBN 978-80-7494-392-8.
- EVDOKIMOV, Sergej, Benjamin FABIAN, Oliver GUNTHER, Lenka IVANTSYNOVA a Holger ZIEKOW, 2011. *RFID and the Internet of Things: Technology, Applications and Security Challenges*. Hanover, Mass: now Publishers. ISBN 978-1-601-98444-9.
- MAŘÍK, Vladimír, 2016. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press. ISBN 978-80-7261-440-0.
- SCHWAB, Klaus, 2017. *The fourth industrial revolution*. London: Penguin Random House. ISBN 978-1524758868.
- PROQUEST, 2021. *Databáze článků ProQuest* [online]. Ann Arbor, MI, USA: ProQuest. [cit. 2021-10-8]. Dostupné z: <http://knihovna.tul.cz>.

Konzultant: Tomáš Svobodník – Lean Production manager

Vedoucí práce:

Ing. Blanka Brandová, Ph.D.  
Katedra ekonomie

Datum zadání práce:

1. listopadu 2021

Předpokládaný termín odevzdání:

31. srpna 2023

doc. Ing. Aleš Kocourek, Ph.D.  
děkan

L.S.

doc. PhDr. Ing. Pavla Bednářová, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2021

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

14. června 2022

Petr Nohýnek



# **Vliv čtvrté průmyslové revoluce na konkrétní podnik v České republice**

## **Anotace**

Tato bakalářská práce se zabývá vlivem čtvrté průmyslové revoluce na konkrétní podnik v České republice. V první části práce se zabývá tím, jaké změny s sebou každá průmyslová revoluce přinesla a reakcemi vybraných států na čtvrtou průmyslovou revoluci. Ve druhé části práce jsou teoreticky popsány některé prvky, které se hojně využívají pro zavádění do firem. Popsány jsou i ekonomické ukazatele, které firmy vyhodnocují při zavádění prvků Průmyslu 4.0 do podniku. Třetí část práce se následně zabývá vlivem na konkrétní podnik. Je zde ukázáno, jak firma implementuje vybrané prvky a co plánuje v brzké budoucnosti změnit. Následně je navrhnout projekt, který by firma mohla zpracovat a doplněna využití již plánovaných prvků, jež by měl závod zvážit. V závěru práce je zhodnoceno zavádění prvků Průmyslu 4.0 a jsou interpretovány výzkumné otázky.

## **Klíčová slova**

Průmysl 4.0, čtvrtá průmyslová revoluce, prvky, implementace.

# **Influence of Fourth Industrial Revolution on a Specific Company in the Czech Republic**

## **Annotation**

This Bachelor thesis deals with the influence of fourth industrial revolution on specific company in the Czech Republic. First part of this thesis deals with the influence of previous industrial revolutions and their influence and with reactions of selected countries on fourth industrial revolution. In the second part of this thesis are theoretically described elements of Industry 4.0, which are used for implementation to the companies, also there are described economic indicators which are used to evaluate the implementation of elements of Industry 4.0 to businesses. Third part of this thesis describes influence on selected company. There is shown how company implements elements of Industry 4.0 and plans of this company for near future. Then there is designed project which could be used in production plant and added uses of implemented elements of Industry 4.0 which should be considered by the company. At the end of this thesis is evaluated implementation of elements of fourth industrial revolution and interpreted research questions.

## **Key Words**

Industry 4.0, fourth industrial revolution, elements, implementation



## **Poděkování**

Především bych poděkoval vedoucí práce Ing. Blance Brandové za vedení práce, trpělivost, cenné rady a připomínky při zpracovávání práce. Dále mé poděkování patří také týmu oddělení LPO ve firmě ZF Automotive Czech s.r.o. a to jmenovitě Tomáši Svobodníkovi, Petře Nerudové a Simoně Adámkové za možnost práci konzultovat. V neposlední řadě patří poděkování i mé rodině, která mě po celou dobu mého studia podporovala.



# Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ .....	13
SEZNAM ZKRATEK .....	14
ÚVOD .....	15
1. HISTORIE PRŮMYSLOVÝCH REVOLUCÍ.....	16
1.1 PRVNÍ PRŮMYSLOVÁ REVOLUCE.....	16
1.2 DRUHÁ PRŮMYSLOVÁ REVOLUCE.....	17
1.3 TŘETÍ PRŮMYSLOVÁ REVOLUCE .....	17
1.4 ČTVRTÁ PRŮMYSLOVÁ REVOLUCE .....	18
1.5 INICIATIVA PRŮMYSLU 4.0 .....	18
1.5.1 <i>Iniciativa v České republice</i> .....	18
1.5.2 <i>Iniciativa ve světě</i> .....	19
2. TEORETICKÁ ROVINA PRŮMYSLU 4.0.....	22
2.1 KONCEPTY A KOMPONENTY PRŮMYSLU 4.0 .....	23
2.2 PRVKY PRŮMYSLU 4.0.....	23
2.2.1 <i>Aditivní výroba</i> .....	23
2.2.2 <i>Štíhlá výroba</i> .....	24
2.2.3 <i>Internet věcí</i> .....	25
2.2.4 <i>Big data</i> .....	25
2.2.5 <i>Autonomní roboti</i> .....	26
2.2.6 <i>Rozšířená realita</i> .....	26
2.2.7 <i>Virtuální realita</i> .....	27
2.2.8 <i>Digitální dvojče</i> .....	27
2.2.9 <i>Smart Factories</i> .....	28
2.2.10 <i>Smart Cities</i> .....	29
2.2.11 <i>Web 3.0 a Metavers</i> .....	29
2.3 EKONOMICKÉ UKAZATELE SPOJENÉ S PRŮMYSLEM 4.0 .....	30
3. ZAVEDENÍ VYBRANÝCH PRVKŮ PRŮMYSLU 4.0 V KONKRÉTNÍ FIRMĚ.....	33
3.1 BRÝLE PRO ROZŠÍŘENOU REALITU .....	33
3.2 DIGITÁLNÍ DVOJČE .....	36
3.2.1 <i>Jednotková cena přepravy (unit piece price)</i> .....	37
3.2.2 <i>Optimalizace logistických toků</i> .....	37
3.2.3 <i>Nový design centrálního skladu</i> .....	37
3.2.4 <i>Tvorba nových technologických linek před uvedením do provozu</i> .....	37
3.2.5 <i>Fungování softwaru</i> .....	38
3.3 COBOTI.....	39

3.3.1	<i>Cobot pro demaskování</i> .....	39
3.3.2	<i>Cobot pro čištění třmenů na barvicí lince</i> .....	40
3.4	AUTONOMNÍ JEŠTĚRKY .....	40
3.4.1	<i>Autonomní vlak</i> .....	40
3.4.2	<i>Autonomní čistící vůz</i> .....	41
3.4.3	<i>Autonomní ještěrky v budoucím centrálním skladu (2024)</i> .....	42
3.5	TRENAŽÉR VIRTUÁLNÍ REALITY .....	43
4.	ZHODNOCENÍ ZAVÁDĚNÍ PRVKŮ PRŮMYSLU 4.0 A NÁVRH ZLEPŠENÍ .....	44
4.1	NÁVRHY ZLEPŠENÍ A DALŠÍ IMPLEMENTACE PRVKŮ PRŮMYSLU 4.0 .....	44
4.2	HODNOCENÍ ZAVÁDĚNÍ PRVKŮ PRŮMYSLU 4.0 DO KONKRÉTNÍHO PODNIKU .....	45
	ZÁVĚR .....	48
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	50

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Schéma průmyslových revolucí.....	16
Obrázek 2: Iniciativy Průmyslu 4.0 v EU .....	20
Obrázek 3: Schéma toku informací v IoT .....	25
Obrázek 4: Ukazatele OEE, dostupnosti, výkonu a kvality v praxi .....	32
Obrázek 5: Návodka pro údržbu stroje v rozšířené realitě.....	34
Obrázek 6: Využití brýlí rozšířené reality pro kontrolu kvality .....	35
Obrázek 7: Znárodnění zlepšení sběru dat a následného snížení nákladů.....	36
Obrázek 8: Technomatix Plant Simulation ilustrační obrázek.....	38
Obrázek 9: Znárodnění demaskování třmenu pomocí cobota .....	40
Obrázek 10: Autonomní mycí vůz firmy Gaussian Robotics .....	42

## Seznam zkratek

3D tisk	Trojrozměrný tisk
AGV	Automated guided vehicle (Automaticky řízené vozidlo)
AM	Additive manufacturing (Aditivní výroba)
AR	Augmented Reality (Rozšířená realita)
CAD	Computer-aided design (Počítačem podporované projektování)
CNC	Computer Numerical Control (Počítačem řízený obráběcí stroj)
ČR	Česká republika
EU	Evropská unie
EUR	Euro
HDP	Hrubý Domácí Produkt
IoT	Internet of Things (Internet věcí)
LP	Lean Production (Štíhlá výroba)
NFT	Non-fungible token (Nezměnitelný token)
OEE	Overall Equipment Effectiveness (Ukazatel efektivity výrobního zařízení)
PLC	Logický automat
ROI	Rentability of Investment (Rentabilita investice)
TPM	Total Preventive Maintenance (Preventivní údržba)
TUL	Technická univerzita v Liberci
USA	United States of America (Spojené státy americké)
VR	Virtual Reality (Virtuální realita)

## Úvod

Tato bakalářská práce se týká fungování a podstaty Průmyslu 4.0 včetně jeho působení a demonstrace na konkrétním podniku. Téma Průmyslu 4.0 je v dnešní době velmi aktuální, jelikož nezačnou-li podniky alespoň některé prvky zavádět, mohlo by dojít ke ztrátě konkurenceschopnosti těchto podniků kvůli nízké efektivitě práce.

Práce se zabývá konkrétním výrobním podnikem společnosti ZF Automotive, která je druhým největším světovým dodavatelem komponentů pro celý automobilový průmysl. Budeme se zabývat tím, jaký vliv má čtvrtá průmyslová revoluce na konkrétní závod a co se díky těmto podnětům ve firmě mění.

Práce je rozdělena do čtyř částí. V první části práce si projdeme historii průmyslových revolucí včetně jejich dopadů na společnost, dále se budeme věnovat konceptu čtvrté průmyslové revoluce, reakci vybraných států na revoluci a jejich iniciativy pro její podporu. Ve druhé části práce si ukážeme některé prvky Průmyslu 4.0 včetně hojně využívaných ekonomických ukazatelů. Ve třetí části si pak uvedeme konkrétní příklady prvků Průmyslu 4.0, které podnik začíná implementovat a plánovat. Ve čtvrté části práce budou navržena možná zlepšení, která by mohl podnik realizovat a zhodnotíme zavádění prvků Průmyslu 4.0 do konkrétního podniku a následně bude zavádění zhodnoceno.

Hlavním cílem práce je zhodnotit zavádění prvků Průmyslu 4.0 v konkrétním podniku. Dále bude práce obsahovat popis reakce firmy na příchod průmyslové revoluce a bude rozebráno, jak firmu nové podněty ovlivňují. Pro hodnocení zavádění prvků Průmyslu 4.0 byly zvoleny následující výzkumné otázky.

První výzkumnou otázkou je: Které prvky Průmyslu 4.0 zvýší efektivitu ve vybraném podniku?

Druhou výzkumnou otázkou je: Které prvky Průmyslu 4.0 jsou pro podnik klíčové?

# 1. Historie průmyslových revolucí

Každá průmyslová revoluce s sebou nese velké změny, a to jak společenské a sociální, tak také změny pracovního postupu nebo zvýšení efektivity práce. Obrázek č.1 graficky znázorňuje hlavní změny, které jednotlivé revoluce přinesly.



Obrázek 1: Schéma průmyslových revolucí

Zdroj: (Lean Industry, 2020)

## 1.1 První průmyslová revoluce

První průmyslová revoluce započala v Anglii v 18. století. Během 19. století se poté rozšířila po celém světě. Průmyslová revoluce znamenala přechod od ruční výroby v manufakturách ke strojní velkovýrobě. Ve velkém množství se začaly používat stroje poháněné především uhlím (resp. párou). Hlavním symbolem první průmyslové revoluce je proto parní stroj. (Cejnarová, 2015)

První průmyslová revoluce začala v Anglii. Dovážela se zde levná bavlna z plantáží v USA. Tím se začal rozvíjet textilní průmysl. Rozvoj textilního průmyslu byl zapříčiněn také velkou poptávkou po textilních materiálech a bavlněných látkách. Spolu s tím se začal pro výrobu masivně využívat parní stroj, díky němuž došlo k zefektivnění práce, což vedlo k bohatnutí továren a lidé si mohli vydělat více peněz. Následkem bohatnutí obyvatelstva bylo stěhování lidí z venkova do měst, která vznikala kolem továren. Zároveň došlo k novému rozdělení společnosti na továrníky, obchodníky a bankéře. Díky tomu, že lidé pracovali kratší čas, došlo také k rozvoji volnočasových aktivit. (Němec, Surý, 2016)

Jak bylo již zmíněno, symbolem první průmyslové revoluce byl parní stroj, který byl zdokonalen v 60. letech 18. století Jamesem Watterem. To vedlo k dalšímu rozmachu



například v dopravě (vlaky a železnice) nebo hutích a dolech. Dalším důsledkem revoluce byl rozvoj kapitalismu, který měl značný vliv na chování celé společnosti. (Němec, Surý, 2016)

## **1.2 Druhá průmyslová revoluce**

Druhá průmyslová revoluce je především o elektrifikaci. Spojuje se s roky 1879, kdy T.A. Edison vynalezl žárovku, „nebo pak s rokem 1870, kdy společnost Cincinnati investovala ve svém závodě do první montážní linky a začala s dělbou práce, později elektrifikovanou, která přinesla další prudký rozvoj masové výroby.“ (Cejnarová, 2015).

Ikonicou firmou druhé průmyslové revoluce se pak stala detroitská firma Ford, která zavedla pásovou výrobu automobilu Ford Model T.

Herny Ford se při navrhování výrobní linky pro svou automobilku inspiroval na jatkách. Automobily se začaly sestavovat z prefabrikovaných komponentů, což urychlilo a zefektivnilo výrobu. Ford tak mohl pokrýt velkou poptávku po automobilech. Výrobu zrychlil natolik, že z původních jedenácti aut za měsíc mohlo opustit továrnu každé tři minuty nové auto a výroba jednoho vozu trvala pouhých 93 minut. Důsledkem zefektivnění výroby bylo zkrácení pracovní doby na osm hodin a zdvojnásobení mzdy všem dělníkům. Za dvacet let výroby zvládla firma vyrobit patnáct milionů automobilů Ford Model T, což je i z dnešního hlediska úctyhodné číslo. (Idnes, Hlaváč, 2021)

## **1.3 Třetí průmyslová revoluce**

Třetí průmyslová revoluce byla spíše pozvolnou evolucí té druhé. Jednalo se hlavně o automatizaci výroby, zavádění počítačů nebo rozvoj informačních technologií. Prvním důležitým milníkem byl rok 1969, kdy byl sestrojen první programovatelný logický automat. „Jedná se vlastně o malý průmyslový počítač, řídicí jednotku, pro automatizaci procesů v reálném čase.“ (Cejnarová, 2015)

Třetí průmyslová revoluce se týkala především využívání počítačů ve výrobě. Objevují se první linky řízené počítačem, CNC stroje a podobně. Dále se také tvořily poloautomatizované linky, kde některé kroky zvládali naprogramovaní roboti. Linky začaly i se sběrem dat z výroby, která se pak využívala pro optimalizaci linek.

## 1.4 Čtvrtá průmyslová revoluce

Čtvrtou průmyslovou revoluci prožíváme právě teď a její trvání je odhadováno na 10-30 let. Charakteristikou čtvrté průmyslové revoluce je masivní rozšíření internetu a průnik virtuálního a fyzického světa. Tato revoluce bude mít dopad na všechny oblasti lidské činnosti. Od konce 90. let sledujeme exponenciální růst počtu uživatelů internetu, který v dnešní době dosahuje řádů miliard. K síti se kromě lidí také začínají připojovat stroje a věci obecně. „*Reálné a virtuální světy se začínají prolínat a do hry vstupují tzv. kyberfyzické systémy*”. (Cejnarová, 2015)

Čtvrtá průmyslová revoluce je pak především spojována s propojováním strojů pomocí IoT (Internet of Things). Díky tomu budou stroje moci používat data z datového uložiště, budou schopny se samy kalibrovat a flexibilně reagovat na veškeré podněty přicházející do výrobního procesu.

## 1.5 Iniciativa Průmyslu 4.0

Jelikož tato revoluce vede ke značným změnám nejen v průmyslu, ale ve všech odvětvích hospodářství, přistoupily státy k podpoře Průmyslu 4.0 v dedikovaných programech a systémových opatřeních.

### 1.5.1 Iniciativa v České republice

Česká republika musí na tyto trendy také reagovat, protože v sobě skrývají obrovské příležitosti z pohledu udržitelnosti, zvýšení produktivity průmyslové výroby a služeb, potažmo poptávky po kvalifikované práci. V České republice byla dokončena a předána *Národní iniciativa Průmysl 4.0* 3. února 2016. Pracovalo na ní osmdesát sedm expertů z nejrůznějších oblastí a institucí. Pokud by byla iniciativa završena plánem vlády ČR, byla by návodem, jak připravit a uskutečnit společenskou změnu. Cílem iniciativy bylo předat klíčové podklady, které souvisejí se čtvrtou průmyslovou revolucí, a ukázat možné směry vývoje. Dále také nastínit opatření, která pomohou podpořit ekonomiku a průmysl v ČR a v neposlední řadě i připravit společnost na vstřebání technologických a dalších celoplošných potřeb a změn. (Mařík, 2016)

Česká republika má velkou průmyslovou tradici a její snahou je, aby zůstala v budoucnosti spojena s průmyslem. Průmyslová revoluce přináší řadu změn a výzev, ale také obrovskou příležitost k tomu, aby náš průmysl zůstal konkurenceschopný v celosvětovém měřítku. To, jak zareagujeme na tuto výzvu, bude mít dopad na kvalitu života dalších generací. (Mařík, 2016)

V zahraničí již probíhají změny, a proto se v další podkapitole budeme věnovat reakcím světových států na průmyslovou revoluci.

### **1.5.2 Iniciativa ve světě**

Asi jako první reagovalo na 4. průmyslovou revoluci Německo. Jelikož je světovým lídrem v průmyslové výrobě, nemůže si dovolit promeškat tuto příležitost rozvoje. „*Industrie 4.0*” je středobodem digitální agendy německé spolkové vlády, která již prostřednictvím dvou podpůrných programů spolkového ministerstva hospodářství pro další rozvoj platformy vyčlenila 100 mil. EUR, celkově již pak bylo na iniciativu spolkovou vládou vynaloženo cca. 400 mil. EUR.” (Mařík, 2016)

Nejdůležitějšími faktory německé iniciativy jsou pak standardizace výzkumu, inovace, bezpečnostní sítě propojených systémů, právní rámec, trh práce a vzdělávání. Z technologického hlediska je pak největší důraz kladen na kyberneticko-fyzikální systémy a automatizační technologie. (Mařík, 2016)

Obrázek č. 2 graficky znázorňuje iniciativy a strategie Průmyslu 4.0 vybraných států EU.



Obrázek 2: Iniciativy Průmyslu 4.0 v EU

Zdroj: (Evropa, 2021)

Svůj program spustila v květnu 2015 i Francie pod názvem „Industrie du Futur”. Podle Maříka (2016) „Definuje 5 pilířů průmyslu budoucnosti: rozvoj nových technologií (zaměřeni na aditivní výrobu, internet objektů a rozšířenou realitu), podporovaný prostřednictvím vládních programů s dotačním rozpočtem 730 mil. EUR.” Francie si také stanovila devět strategických oblastí, na které se chce zaměřit, a to konkrétně na nové zdroje energie a materiálů, smart cities, eko-mobilitu, dopravu zítřka, zdravotnictví budoucnosti, správu dat, inteligentní přístroje, digitální bezpečnost nebo zdravé stravování.

USA také nechtělo zůstat pozadu, proto v březnu 2014 založilo „Industrial Internet Consortium”, které bylo založeno pěti americkými firmami podporujícími komerční, akademickou a vládní sféru. Jejich cílem je urychlit adaptaci a užívání technologií souvisejících s Průmyslem 4.0. Důraz pak kladou hlavně na vzájemné propojení a bezpečnost systémů. (Mařík, 2016)

Také Čína si je vědoma toho, že průmysl 4.0 je velkou změnou. Proto za úmyslem zvýšení konkurenceschopnosti spustila program „Made-in-China-2025“, který si klade za cíl zvýšit podíl lokálně vyrobených komponent a materiálů až na 70%. Program se z velké části inspiroval u německé iniciativy „Industrie 4.0“ a soustředí se na věci typu: pokročilé informační technologie, letecký průmysl, výroba automatizovaných obráběcích strojů a robotů, železniční dopravu nebo energetická zařízení. (Mařík, 2016)

Jižní Korea, jak víme, je velký hráč především na poli elektroniky, automobilů ale i mnoha dalších produktů. Korea nesmí zůstat pozadu, a proto v iniciativách Průmyslu 4.0 v červenci 2014 jihokorejská vláda představila strategii „Manufacturing Industry Innovation 3.0“, která usiluje o rozšiřování užívání moderních technologií v průmyslu a podporuje budování chytrých továren. (Mařík, 2016)

Dalším velkým světovým hráčem je pak Japonsko. V červnu 2014 skupina třiceti japonských firem zahájila iniciativu v Japonsku, která se jmenuje „Industrial Value Chain Initiative“. Ta se soustředí především na tvoření technologických standardů nebo propojení továren. (Mařík, 2016)

## 2. Teoretická rovina Průmyslu 4.0

Myšlenka Průmyslu 4.0 byla představena v roce 2011 v Hannoveru profesory Walserem, Kagermanem a Lucasem. V roce 2013 tito profesori prezentovali koncept Průmyslu 4.0 iniciovaný německou vládou, která vyhlásila program Industrie 4.0, který je především o znalostní integraci celosvětové datové sítě. V průmyslové revoluci se zajímáme o to, jak inteligentně propojit některé prvky této sítě, tak aby se začaly chovat optimálně a efektivně. Průmysl 4.0 přináší teorii decentralizované, autonomní optimalizace malých sítí. (Mařík, 2017)

Myšlenka Průmyslu 4.0 zahrnuje širokou škálu konceptů, které se zabývají mechanizací, automatizací, digitalizací, síťováním, miniaturizací a mnoho dalšího. (Salkin, 2018)

*„Čtvrtá průmyslová revoluce není výjimečná, přinese velké změny na trhu práce, ve společnosti jako celku, dá se tedy hovořit o společnosti 4.0, která bude jiná a tak dále. Je to změna, kterou pocítí celá společnost ve všech společenských vrstvách, a nejen v ekonomické nebo průmyslové oblasti.“* (Špinar, 2017)

Čtvrtá průmyslová revoluce navazuje na třetí průmyslovou revoluci. Spíše, než o revoluci se jedná o evoluci a slovo revoluce je spíše mediální zkratkou. Novinkami, které s sebou přináší jsou například využití 3D tisku, které nebylo v minulosti příliš rozšířené, využití rozšířené reality (AR) v ekonomických aktivitách, internet věcí, který znamená to, že vše komunikuje se vším a v neposlední řadě také kyberfyzikální systémy, které znamenají zintenzivnění spolupráce lidí a robotů. Tato revoluce je tedy další fází digitalizace. (Špinar, 2017)

Díky obrovskému pokroku jako jsou Web 2.0, aplikace, smartphony, laptopy nebo 3D tiskárny se vytváří obrovský potenciál ve vývoji ekonomie. Momentálně je v Evropské unii téměř 17 % HDP tvořeno průmyslovou výrobou, která nabízí také zhruba 32 milionů pracovních pozic. (Qin, 2016)

Na tento potenciál reagují společnosti rychlými rozhodnutími, které vedou k vyšší produktivitě práce. Jako příklad můžeme uvést transformaci procesu k automatizovaným strojům a službám, které vedou koordinaci a spojení komplexních systémů. (Lee, 2015)

## **2.1 Koncepty a komponenty Průmyslu 4.0**

V posledních letech si Průmysl 4.0 získává větší pozornost, a to jak ze strany výrobních podniků, tak služeb. Nejsou zde však žádné přesné popisy nebo definice Průmyslu 4.0, a proto zde není přesné využití vznikajících technologií k urychlení transformace. Průmysl 4.0 je popsán jako integrace výrobních podniků, dodavatelských řetězců a systémů, které vedou k vzniku přidané hodnoty. To umožňuje technologiím, jako jsou analýza big dat, autonomní roboti, kyberfyzikální infrastruktura, simulace, horizontální i vertikální integrace, internet věcí, cloudové systémy, aditivní výroba nebo rozšířená realita úspěšnou integritu.

Při sestavování sítě senzorů a nástrojů pro zpracování dat v reálném čase se bude pracovat s autonomními zařízeními vzájemně komunikujícími mezi sebou. Tato zařízení sbírají data z výroby a servisní data v reálném čase. Pro pochopení tohoto konceptu je potřeba zmínit také detailní informace o podpůrných technologiích. Důležité je také navrzení principů pro implementaci Průmyslu 4.0 do konkrétních procesů z praxe. Po tom, co je sestaven návrh implementace Průmyslu 4.0, se navrhne princip podpůrných technologií, které jsou pak implementovány do kontextu operačního systému podniku zahrnující chytré produkty a chytré procesy. (Salkin, 2018)

## **2.2 Prvky Průmyslu 4.0**

V této podkapitole se budeme věnovat vybraným prvkům Průmyslu 4.0, které jsou hojně využívány při zavádění Průmyslu 4.0 do podniku. Zavedení prvků Průmyslu 4.0 je pro firmu klíčové. Nepovede-li se zavedení, mohou být investice do nových technologií ztrátové.

### **2.2.1 Aditivní výroba**

Aditivní výroba je důležitým prvkem v Průmyslu 4.0. Celosvětově se aditivní výrobě věnuje přes třicet společností vyrábějící stroje a zařízení, další firmy se pak zabývají službami spojenými s aditivní výrobou. (Beyca, 2018)

Aditivní výroba se týká v ČR především práce s polymery a vývojem 3D systému nebo 3D tiskáren. Netýká se však příliš aditivní výroby kovů jako ve zbytku Evropy nebo Spojených státech. To je dáno především finanční náročností aditivní výroby kovů. Podle Mařika (2016) není v ČR dostatečná informovanost o aditivní výrobě. Je potřeba reakce vysokých

škola na změnu poptávky po absolventech se znalostí technologií AM (Additive manufacturing) a dále také dalších parametrů jako jsou znalosti softwarových nástrojů, CAD modelování, simulačních nástrojů atd. .

*„Aditivní výroba je charakteristická třemi tezemi :*

*1) 3D model vytvořený v programu CAD je převeden do standardního programovacího jazyka a uložen do složky formátu pro AM.*

*2) Stroj AM otevře složku a nastaví pozici a orientaci součástky.*

*3) Stroj AM vyrobí součástku pomocí po sobě jdoucích vrstev.”*

(Beyca, 2018)

### **2.2.2 Štíhlá výroba**

LP (Lean production) neboli štíhlá výroba byla vynalezena firmou Toyota Motor Company. Štíhlá výroba může být charakterizována jako proces, který je aplikován na průmyslovou praxi s cílem zvýšit produktivitu, zajistit plynulý průběh produkce a uspokojit kvalitativní požadavky zákazníků. (Sanders, 2016)

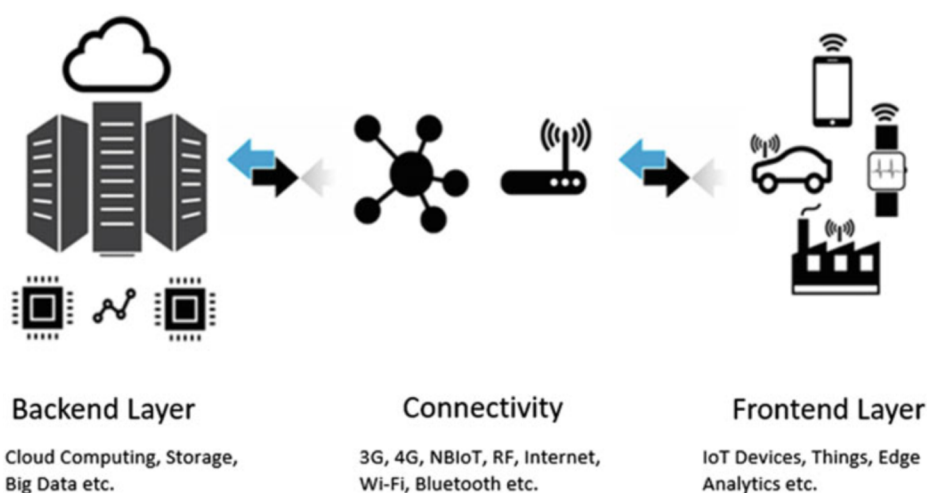
Hlavní myšlenou štíhlé výroby je vytvoření systému, který eliminuje všechny možné druhy plýtvání. Existuje sedm druhů plýtvání a to: transport (zbytečné přemísťování materiálů a výrobků), skladování, neefektivní pohyb pracovníků, čekání, nadvýroba, nadbytečné zpracování a vady.

Díky štíhlé výrobě byla firma Toyota schopna snížit své výdaje ve výrobě a dále snížit skladové zásoby a zefektivnit výrobní proces. Firmy, které využívají prvky štíhlé výroby jsou tak schopny pokrýt požadavky zákazníků s nižšími náklady. Z technologického hlediska se dá říci, že štíhlá výroba vede k automatizaci procesů ve výrobě. (Satoglu, 2018) Prvkem štíhlé výroby je také strategie Just in Time, se kterou jde ruku v ruce i strategie Just in Sequence. Jedná se o strategie, které snižují skladové zásoby a dodávají firmám to, co potřebují přesně v čas, kdy díly potřebují. Just in Sequence se liší v tom, že firma od zákazníka dostane požadavek například na to, v jaké barvě půjdou výrobky na linku za sebou. Firma pak díly připraví tak, aby se dostaly na linku v této sekvenci.



### 2.2.3 Internet věcí

IoT (Internet of Things) je jedním z nejdůležitějších prvků Průmyslu 4.0. Jedná se o vysokorychlostní internet, na který jsou připojeny veškeré chytré prvky výroby. IoT je popsán jako síť propojených zařízení, která jsou mezi sebou schopna sbírat a sdílet data díky svým senzorům. Prvky IoT mohou být skoro všechny přístroje na světě, od chytrých hodinek, přes chytrá auta, ledničky až po chytré továrny nebo města. Všechny tyto prvky jsou připojeny k jedné síti, ve které si přes cloudové uložení vyměňují a uchovávají svá sebraná data. Sensory jsou schopny vytvářet digitální svět, z kterého pak využívají data autonomní i neautonomní prvky. Všechna sebraná data se pak nazývají Big data, jelikož prvky sbírají obrovské množství dat. Firmy následně tyto data analyzují. (Karacay, Aydin, 2018). Obrázek č.3 graficky znázorňuje komunikační toky IoT.



Obrázek 3: Schéma toku informací v IoT

Zdroj: (Karacay, Aydin, 2018)

Nedůležitějším bodem Internetu věcí je alternativní připojení, které zajistí spojení všech možných zařízení. Důležitá jsou cloudová uložení, kam můžou zařízení ukládat data, z kterých pak vznikají podněty pro 3D simulace. Navíc musí tyto systémy analyzovat data v reálném čase, vyhodnocovat je a okamžitě autonomně reagovat na podněty z výrobního procesu.

### 2.2.4 Big data

Big data jsou obrovská data sebraná senzory objektů. Pro zpracování Big dat je potřeba využít výkonné počítače s rychlým připojením do sítě. Jen tak lze dosáhnout efektivity. Jsou

důležitá pro analýzu obchodních dat a procesů, logistiku, dopravu atd. Dalšími metodami analýzy dat v reálném čase je komprese dat, sumarizace videí, automatické indexování signálů, klasifikace dokumentů aj. V oblasti energetiky pak jde o řízení energetických sítí v reálném čase. Z pohledu propojení s konceptem IoT (viz kapitola 3.2.3 Internet věcí) je klíčová analýza dat z paměti výrobků/objektů. Zpracování dat v reálném čase má velký potenciál v průmyslu, kde se dá využít především v porovnání se staršími daty. (Mařík, 2016)

### **2.2.5 Autonomní roboti**

Autonomní roboti jsou roboti, kteří jsou naprogramováni k tomu, aby dokázali samostatně pracovat a pohybovat se. V současné době existují roboti, kteří dokáží pracovat samostatně, ale musí být uzavřeni v kleci, kvůli riziku zranění člověka. V současnosti se začínají objevovat coboti, kteří už mají plno senzorů a jsou proto schopni pracovat koordinovaně s člověkem. Do budoucna, díky vlivu Průmyslu 4.0, budou roboti schopni spolupracovat mezi sebou a inteligentně si předávat informace. Těmto robotům se pak bude říkat Autonomní roboti.

Cílem zavádění robotizace do podniků je zvýšení produktivity a konkurenceschopnosti podniku. Firmy musí klást důraz na zjednodušení procesu zavádění nové generace robotů. Výhodou autonomních robotů je to, že jsou snadno programovatelní a jejich flexibilita využití. (Mařík, 2016)

### **2.2.6 Rozšířená realita**

Technologie AR (rozšířené reality) pracuje s myšlenkou přidávání věcí z virtuálního světa do toho reálného. V dnešní době se často využívá například pro hry nebo obchody s nábytkem (IKEA, Bonami.cz), které vám přes svou aplikaci ve vašem chytrém telefonu umožní umístit nábytek do místnosti.

Rozšířená realita má však různorodé využití i ve výrobě, a to třeba skrze AR brýle, které promítají informace přímo před vás. Využití může být například v údržbě, kdy vám mohou pomoci vyhledat vadnou součástku. Existuje také koncept, ve kterém je možné se spojit se

zaměstnancem údržby, který se zabývá opravami strojů, a může vás přes tyto brýle navigovat, jak stroj opravit.

Existují dva koncepty AR, a to Video see-through, který vizuální objekty vkládá do projekce obrazovky telefonu nebo tabletu. Druhým je Optical see-through, který informace zobrazuje přímo před vás skrze AR brýle. (Mařík, 2016)

### **2.2.7 Virtuální realita**

Virtuální realita na rozdíl od rozšířené tvoří svůj vlastní virtuální svět a nepřidává do něj žádné prvky z toho reálného. Pro vstup do virtuální reality jsou potřeba brýle pro virtuální realitu. Existují také různá zařízení, která dokážou vytvořit virtuální realitu z vašeho mobilního telefonu, jako například Google Cardboard VR (Virtual Reality). Virtuální realita se dnes hojně využívá v zábavním průmyslu, především jsou to pak hry nebo filmy. Výhodou je, že se dokážete dostat do jiného světa a zcela se oprostit od reality. S touto myšlenkou pracuje metaverse (alternativní svět vytvořený počítačem viz kapitola 2.2.11.2 Metaverse).

Ve výrobě se dá virtuální realita využít především ve vývoji, kde si můžete 3D modely prohlédnout v reálné velikosti. Automobilky používají virtuální realitu při prodeji nových vozů, aby si zákazník mohl prohlédnout svůj nakonfigurovaný vůz.

### **2.2.8 Digitální dvojče**

Digitální dvojče je nástroj, který mohou firmy využívat pro test strategií. Jedná se o simulační model podniku. V tomto modelu může společnost testovat například maximální objem výroby a spoustu dalších strategií. Lze tady simulovat a testovat různá rozložení linek pro zefektivnění výroby. Hledají se tak co nejefektivnější procesy a rozložení linek, bez přidaných nákladů, které by byly spojeny s odstavením linek, přestavbou a testováním různých rozložení.

Existuje několik typů softwaru pro digitální dvojče, a to Component twin, kde je součástí základním a nejmenším funkčním prvkem dvojčete, nebo Asset twin, ve kterém několik komponentů funguje společně a můžeme na nich zkoumat vzájemné interakce nebo získávat data výkonosti. Dalším typem jsou Systémová dvojčata. Zde se jedná o složitější systémy,

prostřednictvím kterých lze pomocí jednotlivých prvků tvořit celé funkční systémy. Je možné u nich také číst data výkonnosti a sledovat interakce prvků mezi sebou. Posledním typem digitálního dvojčete je pak Procesní dvojče. Procesní dvojče je už celý podnik se synchronizovanými systémy, kde můžeme hledat nejvyšší možnou efektivitu nebo zkoušet různé scénáře situací, které mohou v podniku nastat.

Digitální dvojče ale nemá využití jen u výrobních podniků. S jeho pomocí jdou také například tvořit energetické stavby jako jsou větrné elektrárny. Dále může sloužit pro plánování velkých budov, včetně tvorby designu nebo technických parametrů. Nejdůležitější funkcí je tvorba výrobních operací. Tato funkce je pro výrobní podniky velkým pomocníkem pro urychlení plánovacího procesu. Digitální dvojče může být využito i ve zdravotnictví pro sledování zdraví a jeho vyhodnocování. Důležité je dvojče také pro automotive průmysl, kde mohou firmy navrhovat komplexní systémy a tím zvyšovat výkonnost a efektivitu výrobních procesů. V neposlední řadě lze digitální dvojče využít i pro urbanistické plánování měst pomocí 3D modelů.

Software digitálního dvojčete zažívají v posledních letech velký boom. V roce 2020 byl trh digitálních dvojčat oceněn na 3,1 miliardy dolarů a někteří analytici předpovídají, že v roce 2026 bude tržní hodnota digitálních dvojčat až 48 miliard dolarů. (IBM, 2022)

### **2.2.9 Smart Factories**

Výsledkem integrace technologií průmyslu 4.0 může být Smart Factory, v překladu chytrá továrna. Chytré továrny mají výhodu flexibility, jelikož jsou schopné reagovat na veškeré podněty. Jako příklad lze uvést to, že chytré stroje mohou tvořit svůj automatizovaný ekosystém, který může být samostatně upraven pro potřebu výroby různých produktů. Díky množství dat, se kterými tyto přístroje pracují, je tato změna výroby rychlá a jednoduchá. Stroje jsou schopny si data mezi sebou sdílet v reálném čase, což zvyšuje produktivitu. Tyto továrny jsou schopny lépe reagovat na požadavky zákazníků, změny designu produktů a jsou jednodušší na údržbu a recyklaci. (Salkin, 2018)

### **2.2.10 Smart Cities**

Smart cities, v překladu chytrá města, budou v blízké budoucnosti stále častější. Koncept chytrého města spočívá v tom, že ve městě budou inteligentně fungovat a vyměňovat si data všechny prvky, a to jak automobily, křižovatky, autobusy tak i lidé. Ve městech bude připojeno až 10 miliard zařízení pomocí IoT, které si mezi sebou budou vyměňovat data. Chytrá města budou také plná senzorů, takže budou moci šetřit elektrickou energii třeba tím, že budou vypínat části elektrických tratí městské hromadné dopravy, když nebudou zrovna využívány.

Na chytrá města se můžeme dívat z více pohledů: z pohledu veřejného sektoru a z pohledu obyvatel. Chytrá města mohou nabízet svým občanům nižší náklady na živobytí a vyšší kvalitu služeb díky digitalizaci. Dalším prvkem je kvalita života, která bude vyšší než u konvenčních měst. Bude zde lepší kvalita vzduchu, díky nižším emisím uhlíku a dalších plynů, nebo kvalitnější voda díky množství senzorů kontrolujících její kvalitu. S tím souvisí to, že města budou používat energii z obnovitelných zdrojů. Lidé budou moci také díky IoT tvořit přidanou hodnotu mnohem lépe a ušetří tím čas i peníze. Dále pak například chytré parkování pomůže obyvatelům ušetřit tím, že pro ně najde vhodné parkovací místo. (Karacay, Aydin, 2018)

### **2.2.11 Web 3.0 a Metavers**

V posledních letech, zejména díky pandemii Covid-19 se začínají světové společnosti zaměřovat také na vznik nového internetu nazvaného Web 3.0. Jeho součástí se pak má stát jakási alternativní realita pod názvem Metaverse.

#### **2.2.11.1 Web 3.0**

Nejdříve zmíníme, co znamená pojem Web 2.0, jelikož z tohoto internetu Web 3.0 vychází. Web 2.0 je dnešní internet, který od statického Web 1.0 umožnil aktivní komunikaci uživatelů mezi sebou pomocí pracovní komunikace, her nebo komunikace přátel mezi sebou. Cílem Webu 3.0 je vytvoření bezpečnějšího prostředí. Nová generace internetu také sází na decentralizaci, stejně jako Průmysl 4.0. Právě to je hlavním důvodem, proč spolu Web 3.0 a Průmysl 4.0 souvisí. Nová generace internetu je založena na Blockchainu neboli decentralizované databázi uchovávající veškeré informace. Mimochodem na Blockchainu stojí také kryptoměny. Mezi ty nejznámější patří Bitcoin nebo Ethereum. Právě kryptoměny

se s největší pravděpodobností brzy zapojí do Webu 3.0, kde se budou používat jako rychlá platební metoda mezi uživateli. Web 3.0 díky decentralizaci také povede k demokratizaci internetu, tedy bude snížený vliv velkých firem jako je Google nebo Facebook. To povede k tomu, že uživatel bude mít větší přehled nad svými daty a nebudou tak lehce dohledatelná. Součástí Webu 3.0 by mělo být také strojové učení, které je součástí umělé inteligence. Dále pak modulární webové aplikace, kde klíčovou roli bude hrát pokročilá a výkonná grafika. Momentálně není jasné, jaké všechny změny s sebou Web 3.0 přinese, a proto i samostatné označení je spíše neoficiální. (Kohout, 2022)

### **2.2.11.2 Metaverse**

Metaverse je virtuální svět, do kterého uživatelé vstupují díky virtuální realitě. Firmou, která jako první začala do Metaverse investovat, je Facebook, který se následně přejmenoval na Meta. To přimělo další velké firmy jako například Google nebo Microsoft také začít investovat do tohoto nového světa. Metaverse je stejně jako Web 3.0 postaven na blockchainu, tedy všechny transakce provedené uživatelem se zapisují do databáze. Už dnes si lidé mohou koupit virtuální pozemky, které stojí i kolem 200 000 amerických dolarů. Součástí Metaverse má v budoucnu být také platforma pod názvem Decentraland, což bude prostor, kde se budou moci konat virtuální akce jako koncerty, módní přehlídky a další. Platforma bude flexibilní, proto nebude problém vybudovaný svět rozšiřovat. Například firma Tokens.com již nakoupila v Decentralandu pozemky za 2,5 milionu dolarů.

Důležitou roli v Metaverse pak hrají NFT (Non-fungible token), česky nezaměnitelný token, které se dnes především objevují ve formě virtuálních obrázků. Mezi nejznámější NFT patří například opice Bored Ape. Další důležitou roli, jak již bylo naznačeno v předchozí podkapitole, budou hrát také kryptoměny jakožto nástroj plateb ve virtuálním světě. Tento způsob platby se dnes často využívá právě k nákupu NFT nebo pozemků v Metaverse. (Zelenka, 2022)

## **2.3 Ekonomické ukazatele spojené s průmyslem 4.0**

Pro řešení problematiky průmyslu 4.0 jsou velmi důležité ekonomické ukazatele. Díky těmto ukazatelům může firma zjistit návratnost investice, efektivitu pracovního postupu nebo ukazatel obratovosti zásob. Všechny tyto ukazatele firma sleduje, aby nevznikalo zbytečné plýtvání finančními prostředky.

### 2.3.1.1 Ukazatel rentability investic

Ukazatel ROI neboli rentabilita investice je jeden z nejpoužívanějších ukazatelů pro vyhodnocování návratnosti investice. Počítá se poměrem čistého zisku a investované částky. Z ukazatele ROI pak můžeme vyčíst procentuální zisk investice.

Výpočet ROI:

$$\text{ROI} = \text{zisk} / \text{počáteční investice} * 100 \quad (1)$$

$$\text{ROI} = (\text{výnosy} - \text{investice v průběhu provozu}) / \text{počáteční investice} * 100 \quad (2)$$

Ve většině případů si firmy stanovují určitou návratnost a hodnotu ROI, které chtějí dosáhnout. Pokud by ROI vyšel jako záporné číslo, byla by investice prodělečná.

### 2.3.1.2 Ukazatel efektivity výrobních zařízení

OEE (Overall equipment effectiveness, česky ukazatel efektivity zařízení) ukazatel efektivity výrobních zařízení, ukazuje efektivity výrobního zařízení linky a dá se využívat i ke kontrole efektivity celé linky. Díky OEE lze identifikovat ztráty, zlepšovat produktivitu výrobního zařízení a lokalizovat kritická (úzká) místa výrobního procesu. Na obrázku č. 4 pak můžeme vidět, jak se může OEE v praxi zobrazovat na linkách a informovat tak pracovníky.

OEE se vypočítá jako poměr užitečného času zařízení a disponibilního času zařízení

$$\text{OEE} = \text{Užitečný čas zařízení} / \text{Disponibilní čas zařízení} \quad (3)$$

Lze také počítat jako součet tří faktorů a to: dostupnost, výkon a kvalita

$$\text{Dostupnost} = \text{Skutečný čas výroby} / \text{Plánovaný čas výroby} \quad (4)$$

$$\text{Výkon (Performance)} = \text{Skutečně vyrobené množství} / \text{Teoreticky vyrobené normované množství} \quad (5)$$

$$\text{Kvalita} = \text{Celkové množství shodných výrobků} / \text{Celkové množství všech výrobků} \quad (6)$$

$$\text{OEE} = \text{Dostupnost} * \text{Výkon} * \text{Kvalita} * 100 \quad (7)$$



Obrázek 4: Ukazatele OEE, dostupnosti, výkonu a kvality v praxi

Zdroj: (automatizace.hw.cz)

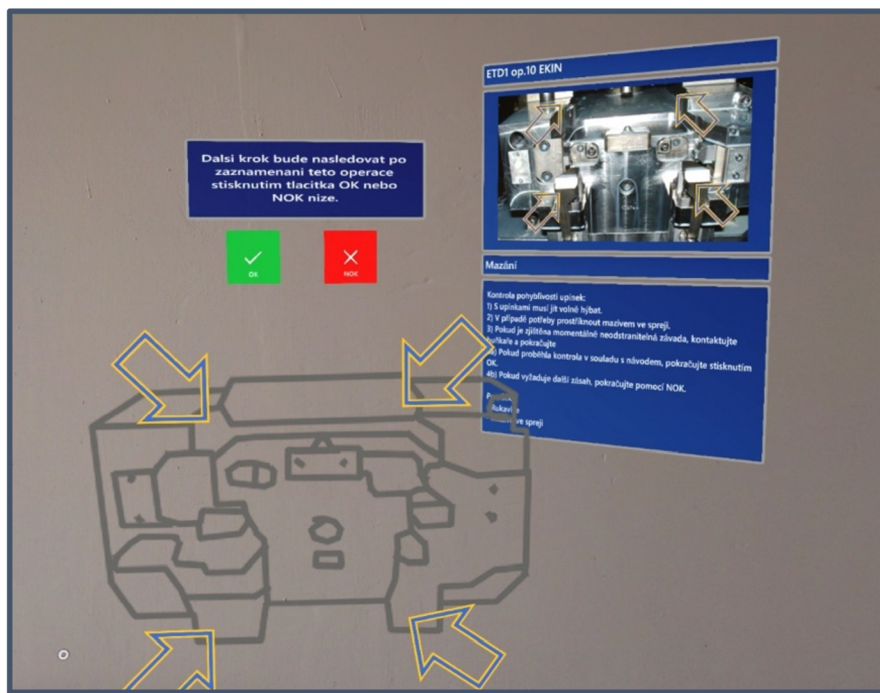


### **3. Zavedení vybraných prvků Průmyslu 4.0 v konkrétní firmě**

Pro bakalářskou práci byl vybrán výrobní podnik ZF Automotive Czech s.r.o., konkrétně závod v Jablonci nad Nisou, který se zabývá výrobou a vývojem brzdových systémů pro automobily. Firma má celosvětově 271 lokací ve 42 státech a zaměstnává okolo 153 000 zaměstnanců. Z toho v Jablonci zaměstnává okolo 870 zaměstnanců ve výrobě a zhruba 110 inženýrů ve vývojovém centru. Firma zde od roku 1952 vyrábí brzdy pro několik světových značek automobilů. Největšími zákazníky tohoto podniku jsou BMW, Daimler, Volkswagen Group, Hyundai, Kia, Stellantis a další. V následujících podkapitolách budou popsány prvky, které firma zavádí v reakci na čtvrtou průmyslovou revoluci. Následně bude zavádění těchto prvků zhodnoceno.

#### **3.1 Brýle pro rozšířenou realitu**

Firma zpracovává projekt brýlí pro rozšířenou realitu. Pro testování využívá brýle Microsoft Hololens, které jsou ideální pro průmyslové využití. Brýle chce firma především používat pro TPM (preventivní údržbu), kdy pracovník uvidí přímo v prostoru, kde provádí údržbu, veškeré návody a potřebné kroky, které je potřeba zkontrolovat. Na obrázku č. 5 je znázorněna vizualizace návody v prostoru, při preventivní údržbě. Pokud by došlo při údržbě ke zjištění nějakého defektu např. přelití hladiny oleje ve stroji, brýle dokáží automaticky poslat zprávu odpovědné osobě. Firma také zvažuje možnost údržby na dálku, kdy by se pracovník mohl spojit s odborníkem pomocí služby Microsoft Teams a odborník by mohl vidět problém z pohledu údržbáře. Stejně tak by se vzdálený přístup mohl využívat pro urychlení oprav v nepřítomnosti zkušených údržbářů. Ti by se mohli připojit přes počítač z domova a pomoci méně zkušeným kolegům stroj opravit. Dále by firma uvítala vzdálenou pomoc u složitých oprav, kde je potřeba zásah odborníka ze strany dodavatele stroje. Pracovníci by se mohli spojit na dálku s odborníkem od dodavatele stroje a ten by mohl údržbáře navést, jak stroj opravit. Tuto funkcionalitu by závod určitě uvítal především v posledních dvou letech, kdy kvůli pandemii Covid-19 byl omezen pohyb osob. V důsledku omezení se firma potýkala se závažnými problémy v podobě dlouhých prostojů. Následkem bylo, že musel být odložen náběh výroby nových produktů. To by právě brýle rozšířené reality mohly do jisté míry vyřešit.



Obrázek 5: Návodka pro údržbu stroje v rozšířené realitě

Zdroj: (Interní zdroj firmy ZF Automotive, 2022)

Dále firma zamýšlí využití těchto brýlí pro audity na linkách. Brýle by mohly pomoci při měření času, natáčení výrobního taktu a následném celkovém hodnocení. V neposlední řadě by se daly brýle využít pro kontrolu kvality. Obrázek č. 6 graficky znázorňuje, jak by mohla kontrola kvality pomocí brýlí fungovat v praxi. Mohly by zaměstnanci ukázat, na které kritické prvky si musí dát pozor, a pečlivě je zkontrolovat. Firma si od této inovace slibuje snížení chybovosti, především omezení produkce zmetků a následně i případných reklamací od odběratelů.



Obrázek 6: Využití brýlí rozšířené reality pro kontrolu kvality

Zdroj: (Interní zdroj firmy ZF Automotive, 2022)

Další oblastí, kde by firma mohla brýle využít, je zaškolení nových zaměstnanců, které by opět fungovalo na podobném principu jako v případě kontroly kvality. Zaměstnanec za pomoci brýlí vidí konkrétní věci, na které si musí dát pozor.

Firma si do budoucna slibuje, že díky zefektivnění preventivní údržby se sníží náklady na údržbu a případné opravy strojů. Obrázek č. 7 graficky znázorňuje, jak se díky využití brýlí pro rozšířenou realitu zefektivní sběr dat a následně sníží náklady. Firma by také ráda zefektivnila výrobní proces, a to především kontrolu kvality, čímž by snížila riziko reklamací nebo vadných kusů. Celkově se dá říci, že závod se snaží najít oblasti, kde by pomocí brýlí mohl podpořit zaměstnance a jeho vědomosti a kde by díky tomu následně mohlo dojít ke snížení chybovosti.



Obrázek 7: Znárodnění zlepšení sběru dat a následného snížení nákladů

Zdroj: (Interní zdroj firmy ZF Automotive, 2022)

### 3.2 Digitální dvojče

Společnost ZF Automotive Czech, konkrétně jablonecký závod pro výrobu brzd momentálně řeší výběr dodavatele softwaru pro digitální dvojče firmy. Pracuje na šesti projektech v rámci této problematiky. Hlavním cílem firmy pro digitální dvojče je odhalování prostožů a hledání zdrojů plýtvání. Firma v rámci digitálního dvojčete bude především řešit:

- jednotkovou cenu přepravy (unit piece price),
- optimalizaci interních logistických toků,
- velikost rozpracované výroby,
- nový design centrálního skladu,
  - automatizace centrálního skladu,
  - doprava mezi centrálním skladem a výrobou v Jablonci nad Nisou a Rychnově u Jablonce nad Nisou,
- tvorbu nových technologických linek před uvedením do provozu.

### **3.2.1 Jednotková cena přepravy (unit piece price)**

Firma očekává především snížení nákladů pro přepravu materiálu a hotových výrobků po závodě. Díky výpočtu jednotkové ceny za přepravu firma nebude muset platit fixní cenu externí společnosti VEDES, zajišťující transport veškerého materiálu v areálu firmy. Cílem firmy je změnit fixní náklady na variabilní, tak aby mohla zaplatit pouze to, co bylo reálně přepraveno. Tato změna by měla vést ke snížení nákladů.

### **3.2.2 Optimalizace logistických toků**

Firma by také ráda optimalizovala logistické trasy v areálu tak, aby nedocházelo k prostojům nebo jízdám ještěrek a přepravních vozíků bez materiálu. Díky simulaci v softwaru digitálního dvojčete bude firma moci najít optimální počet ještěrek a přepravních vozíků a následně bude moci upravit trasy tak, aby byly co nejefektivnější. Tyto změny by mohly opět vést ke značné finanční úlevě.

### **3.2.3 Nový design centrálního skladu**

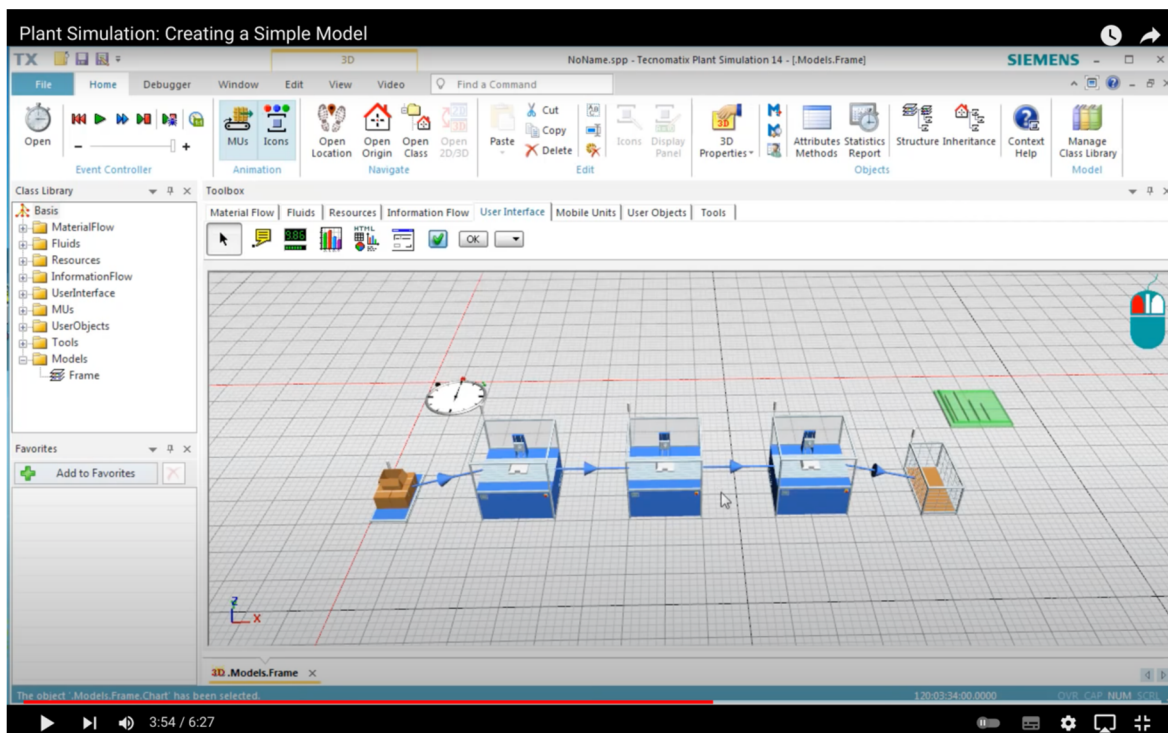
Dalším využitím virtuálního dvojčete by mělo být rozložení neboli layout centrálního skladu tak, aby materiál byl co nejefektivněji uskladněn. Opět je cílem zefektivnění tras tak, aby byl materiál přepraven co nejrychleji a nedocházelo k zbytečným prostojům. Díky tomu, že software digitálního dvojčete dokáže pracovat s mapovými podklady, dokáže také zjistit nejefektivnější trasu z centrálního skladu do výrobních závodů v Jablonci nad Nisou a Rychnově u Jablonce nad Nisou. Další výhodou pak bude možná simulace toho, kolik kamionů musí denně opustit centrální sklad. To povede k efektivnějšímu logistickému plánování.

### **3.2.4 Tvorba nových technologických linek před uvedením do provozu**

Další velkou úsporou, kterou si firma od digitálního dvojčete slibuje, je tvorba a optimalizace nových linek. V softwaru digitálního dvojčete je možné vytvořit rozložení nové linky a testovat ho. Tím během kratšího času a za pomoci nízkých nákladů firma zjistí, jaké rozložení linky bude vyhovující a bude moci nastavit ideální cyklový čas linky.

### 3.2.5 Fungování softwaru

Firmě se z nabízených softwarů nejvíce líbí program Tecnomatix Plant Simulation firmy Siemens, na kterém můžeme obecně popsat fungování tohoto typu softwaru. Program umožňuje tvořit 2D a 3D modely linek. Následně je možné začít stavět linku. Ta se tvoří od zdroje (Source), kde začíná výrobní proces. V programu je možné také stavět pracovní stanice s jedním nebo více procesy. Tyto stanice se pak dají klonovat. Na konci linky se pak vždy umístí odběrové místo, kde končí výrobní proces. Celá linka se musí propojit pomocí „connectorů“. Při takto vytvořené výrobní lince lze už následně spustit výrobní proces. Po pozastavení výrobního procesu je možné jej analyzovat a hledat možná zlepšení. Program umožňuje také kontrolovat statistiky jednotlivých stanic pro odhalování úzkého místa. K modelu linky je možné umístit i graf, který je schopen zobrazovat využití jednotlivých stanic a jejich efektivitu v reálném čase. Program umí mimo jiné simulovat poruchy strojů a jejich chyby a dobu, kterou trvá oprava konkrétní stanice. Je také možné měnit dostupnost jednotlivých stanic. Na obrázku č.8 je ukázka toho, jak práce v tomto programu ve skutečnosti vypadá.



Obrázek 8: Tecnomatix Plant Simulation ilustrační obrázek

Zdroj: (www.youtube.com, 2022)

Virtuální dvojče je velmi důležitý prvek Průmyslu 4.0, a proto by firma měla tento software začít používat co nejdříve. Jeho používáním se totiž urychlí i následné plánování implementace prvků Průmyslu 4.0, které je momentálně ve firmě omezené kvůli malému

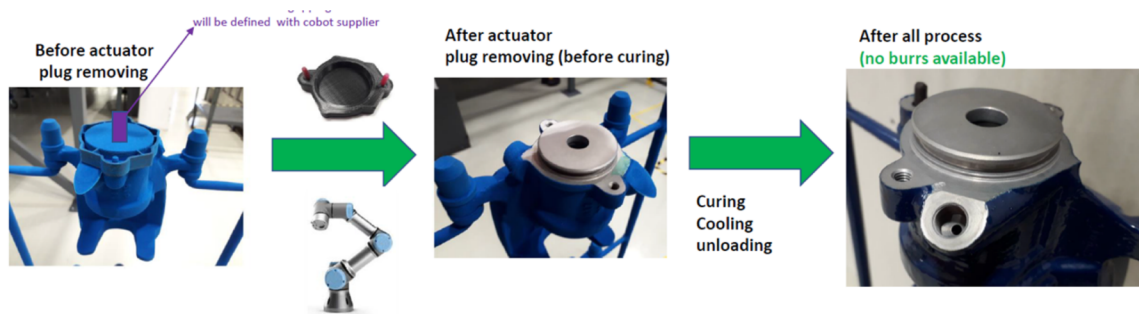
množství pracovníků, kteří mají implementaci prvků čtvrté průmyslové revoluce na starost. Díky plánování rozložení budoucích linek by se také mohlo urychlit budování a plánování ideálního rozložení linky, což opět povede k urychlení modernizace podniku. Celkově se tedy dá říci, že virtuální dvojče je nejdůležitějším prvkem, který firma potřebuje zavést pro další implementaci prvků Průmyslu 4.0.

### **3.3 Coboti**

Firma má v plánu několik projektů, ve kterých hodlá využívat coboty. Momentálně je však v jabloneckém ani rychnovském závodě nevyužívají. Coboti jsou roboti, kteří mají mnoho senzorů, a proto nehrozí bezprostřední nebezpečí střetu cobota s člověkem. Díky tomuto množství senzorů se dokáže zastavit tak, aby člověku neublížil, kdežto roboti, kteří tyto snímače nemají by mohli zaměstnanci přivodit úraz. Výhoda cobotů je proto ta, že mohou pracovat v bezprostřední blízkosti člověka bez rizika ohrožení zdraví (zatímco roboti musí být v kleci). Firma plánuje coboty nasadit nejdříve na barvicí lince v Rychnově u Jablonce nad Nisou, a to na demaskování (sundávání krytek při procesu barvení) nebo pro manipulaci s materiálem. Později je chtějí použít na výrobních linkách v Jablonci nad Nisou, kde by coboti mohli sundávat maskování z výrobků nebo nakládat a vykládat výrobky a materiál ze strojů.

#### **3.3.1 Cobot pro demaskování**

Prvním z možných využití je barvicí linka, kde by cobot mohl pomoci s odstraňováním krytek při procesu barvení. Části brzdy, které nesmí být zbarveny při procesu barvení, musí být zamaskovány silikonovými krytkami, které jsou sejmuty až po ukončení procesu barvení (aplikace práškové barvy, vypékání, chlazení). Tento proces je nyní prováděn operátorem barvicí linky a následně se musí silikonové krytky před dalším použitím chemicky vyčistit. Použití této krytky je omezeno na 6 barvicích cyklů, poté musí být vyřazena. Hlavním problémem při sundávání krytky je riziko vzniku otřepů, které musí být následně odstraněny. Firma chce proto využít cobota pro sundávání krytek před vypékáním bezprostředně po aplikaci práškové barvy. Na obrázku č. 9 můžeme vidět znázornění práce cobota pro demaskování. Tato inovace přinese následující zlepšení: snížení nákladů na maskování (cena krytek, čištění, životnost), snížení nákladů na manuální práci (odstraňování otřepů) a výrazné snížení kvalitativního rizika.



Obrázek 9: Znárodnění demaskování třmenu pomocí cobota

Zdroj: (Interní zdroj firmy ZF Automotive, 2022)

### 3.3.2 Cobot pro čištění třmenů na barvicí lince

Další využití cobota zamýšlí firma opět na barvicí lince v závodě v Rychnově u Jablonce nad Nisou, a to na pračce. Pračka je stroj, který čistí brzdový třmen od nečistot vzniklých při výrobě a procesu barvení. Cobot by měl zakládat brzdový třmen právě do této pračky a po procesu čištění by ho měl vyndat a založit do bedny. Pro firmu by toto zavedení cobotů znamenalo ušetření nákladů za lidskou práci.

Coboti jsou velmi užitečnými pomocníky ve výrobě, díky kterým firma může lépe využít lidský kapitál, který by mohl být cobotem nahrazen. Firma by měla vzít do úvahy rozšíření cobotů i na další linky, kde by například mohli zakládat obrobky do linky.

## 3.4 Autonomní ještěrky

Firma má v plánu využití různých autonomních vozidel a strojů. Tyto stroje chce v brzké budoucnosti využívat jak ve svém jabloneckém a rychnovském závodě tak v plánovaném centrálním skladu.

### 3.4.1 Autonomní vlak

Firma momentálně pracuje na projektu autonomního vlaku. Vlak by měl zásobovat veškeré linky materiálem potřebným pro výrobu. Firma testuje jak velký vlak může být, aby mohl projet všemi „ulicemi“ výrobního podniku, a pracuje na optimálních trasách. Momentálně se zjišťuje i rentabilita celé této investice. Využití vlaku by mělo vést ke snížení nákladů na přepravu, kterou nyní zajišťuje firma VEDES. Tento projekt chce firma zrealizovat v roce



2023. Ráda by také tento projekt alespoň z části otestovala v programu digitálního dvojčete pro zjištění optimálních tras a optimálního počtu vagonů.

Díky autonomnímu vlaku by firma mohla ušetřit a lépe využít lidské zdroje například ve skladu. Zamezí se také plýtvání časem, jelikož zaměstnanci nebudou muset chodit přes celý podnik do skladu, nebo jezdit po podniku s materiálem. Autonomní vlak je důležitým prvkem, který firmě pomůže k vyšší efektivitě práce. Firma by opět měla urychlit proces, čemuž by mohl pomoci software virtuálního dvojčete.

### **3.4.2 Autonomní čistící vůz**

Autonomní vozík pro čištění firma čtvrt roku testovala, ale neosvědčil se. Bylo testováno několik typů mycích vozů, procházelo se dlouhou testovací fází. Využíváním strojů několika značek se společnost snažila najít vhodného dodavatele. Na základě těchto testů bylo rozhodnuto, že nejvhodnější bude použití stroje Gaussian Robotics. Autonomní vozík pro čištění, jak již bylo řečeno, byl čtvrt roku testován v provozu, ale neosvědčil se zejména kvůli následujícím problémům:

- špatná komunikace se serverem,
- náhodné generování reportů s časovou prodlevou,
- bezdůvodné zastavování a “přemýšlení“ o budoucí trase,
- problémy s nájezdem do dokovací stanice.

Hlavním problémem byl pád z nákladové rampy, kde stroj ignoroval ohraničení území, na kterém měl působit. Následkem tohoto pádu bylo značné poškození tohoto stroje a jeho reklamace u dodavatele. Na obrázku č.10 je graficky zachycen autonomní mycí vůz firmy Gaussian Robotics, který firma využívala.



Obrázek 10: Autonomní mycí vůz firmy Gaussian Robotics

Zdroj: (Interní zdroj firmy ZF Automotive, 2022)

### 3.4.3 Autonomní ještěrky v budoucím centrálním skladu (2024)

Podnik momentálně také plánuje výstavbu centrálního skladu, který by měl pomoci se snížením zásob a celkově by měl pomoci zvýšit efektivitu celého podniku. V tomto novém centrálním skladu chtějí nasadit autonomní vysokozdvizné ještěrky. Dále je v plánu tento sklad navrhnout pomocí digitálního dvojčete pro zjištění optimálního rozložení skladu a také pro optimální počet těchto autonomních vozů. Celý tento projekt plánuje firma zrealizovat v roce 2024.

Dále firma zamýšlí využití autonomních ještěrek ve výrobním areálu jabloneckého závodu. Největším problémem celé realizace je ale vytvoření jednosměrných cest tak, aby vozidla optimálně projela celý výrobní podnik. Opět tento projekt plánuje firma navrhnout v programu digitálního dvojčete pro zjištění optimálního počtu AGV (Automated guided vehicle) a pro optimální navržení zásobovacích tras. Tento projekt by firma ráda zrealizovala do roku 2025. Cílem je snížení nákladů za přepravu výrobků a dílů pro výrobu, jelikož se zoptimalizují trasy a v neposlední řadě se sníží výdaje za lidské zdroje.

### 3.5 Trenažér virtuální reality

Dalším zajímavým prvkem Průmyslu 4.0, který firma implementovala, je využití virtuální reality. Tu závod používá pro školení operátorů na trenažéru. Trenažér je postavený na herní konzoli Xbox 360 a hře Forza Horizont, kde trenažér dokáže simulovat závady brzd, které by mohly nastat pochybením operátora při sestavování hotového kusu. Trenažér je vhodně vybraný, jelikož si operátoři mohou vyzkoušet, co by mohlo způsobit jejich pochybení. Brzdy jsou aktivním bezpečnostním prvkem automobilu a musí vždy fungovat na 100 %. Jakékoliv selhání brzdového systému může mít fatální následky v podobě nehody.

Trenažér virtuální reality je postaven na herní konzoli Xbox 360, ke které jsou připojeny periferie: volant, pedály s posilovačem brzdového účinku, zahnutý monitor pro lepší vtažení do děje a logický automat, který je zapojen mezi ovládacími prvky a konzoli a firma ho nazývá PLC. PLC funguje tak, že náhodně vyše předem naprogramovanou chybu brzdového systému konzoli a následně se tato chyba projeví ve hře změnou chování vozidla. K trenažéru je připojený také hydraulický posilovač brzd, který má za úkol dávat zaměstnanci zpětnou vazbu pedálu, takzvaný „*pedal feeling*“. Trenažér je schopný simulovat několik vad brzdového systému, a to závady posilovače brzdového účinku nebo závady přímo brzdy. Mezi chyby posilovače patří: nefunkční posilovač (projevuje se tuhým pedálem), nefunkční primární okruh posilovače (projev: dlouhá dráha pedálu), nefunkční sekundární okruh posilovače, nefunkční pedál, nedostatečně namazané části posilovače. Dále může simulovat několik závad brzd a to: nefunkční přední třmen (otočený třecí segment), zadrhnutý přední třmen (vada prachovky), poškozenou plochu pístu (únik kapaliny a ztráta tlaku), nesprávný těsnící kroužek (dlouhá dráha pedálu), nesprávný typ čepu (brzda je hlučná).

## 4. Zhodnocení zavádění prvků Průmyslu 4.0 a návrh zlepšení

Tato kapitola se věnuje návrhu projektů, které by závod mohl vzít do úvahy při dalším plánování implementace prvků Průmyslu 4.0. Druhá část této kapitoly se následně věnuje celkovému zhodnocení zavádění prvků Průmyslu 4.0 do konkrétního podniku.

### 4.1 Návrhy zlepšení a další implementace prvků Průmyslu 4.0

Tato podkapitola se zabývá návrhy možných zlepšení nových nebo již implementovaných prvků Průmyslu 4.0. První část pojednává o možném systému elektronického objednávání materiálu, v následující části se pak zabývá dalším využitím již plánovaných prvků.

Závod by mohl vzít do úvahy možnost *objednávání materiálu elektronicky*. Momentálně se v podniku využívá kanbanový systém, tedy objednávání potřebného materiálu na linku pomocí papírových lístků. To by mohlo nahradit objednávání materiálu elektronicky. Zaměstnanci by tak mohli přes počítač, který již na lince je, zadat množství potřebného materiálu. Tato informace by se objevila na displeji ve skladu a zaměstnanci tohoto úseku by hned věděli, co mají naložit na autonomní vlak (plánovaný prvek). Fungování tohoto systému si můžeme demonstrovat na příkladu. Operátor si všimne, že na lince dochází třetí segmenty a vodící čepy, tuto informaci předá buňkaři, který tento materiál okamžitě objedná. Následně se ve skladu na displeji zobrazí, že na konkrétní lince je potřeba přesný typ materiálu a jeho množství. Zaměstnanec skladu může ihned toto zboží naložit na autonomní vlak a ten materiál doručí na linku. Díky tomuto systému, který by mohl fungovat přes aplikaci fungující na IoT, by byl ušetřen pracovník, který momentálně chodí po závodě a sbírá kanbany, které následně nosí do skladu. Zaměstnanec by mohl být efektivněji využit například ve skladu nebo jako další pracovní síla přímo na lince.

Dále by firma měla najít *více možných využití brýlí rozšířené reality*, jelikož by tím došlo k mnohem většímu zefektivnění výrobního procesu. Například by se mohly brýle používat pro okamžitou opravu závad na stroji, což by mohlo vést ke snížení prostojů. Bylo by možné operátory zaškolit k základní údržbě strojů a řešení drobných chyb, které by mohly vést k prostojům. To by také mohlo zvýšit koeficient OEE, který ukazuje efektivitu práce, tím že se zvýší využitelný čas linky.

Závod by měl *urychlit zavádění prvků Průmyslu 4.0* do podniku. Díky softwaru digitálního dvojčete by mohlo dojít k urychlení procesu plánování a firma by tak následně mohla najít další využití autonomních ještěrek. Především zavedení autonomních vozíků a ještěrek povede k efektivnějšímu využití lidských zdrojů v podniku a k velkému snížení nákladů za interní logistické toky, které momentálně zajišťuje externí firma. Podnik by také měl vyzkoušet *více možných dodavatelů* těchto autonomních vozíků před implementováním, aby nenastal podobný problém jako v případě autonomního mycího vozu firmy Gaussian Robotics.

Trenažér fungující ve virtuální realitě je vhodně vybraným prvkem Průmyslu 4.0 a zaměstnanci se dokážou vcítit do kůže zákazníka, kterému se může projevit závada na brzdovém systému. Jelikož jsou brzdy kritickým prvkem aktivní bezpečnosti vozidla, musí operátoři dbát zvýšené opatrnosti při sestavování brzdy. Vyzkoušení si scénáře špatně fungujících brzd v následku chyby operátora může u zaměstnanců zvýšit opatrnost a zvýšit kontrolu kvality práce. Firma by měla pouze pro trenažér *využít brýle virtuální reality*, které by měly předat zaměstnanci autentický pocit jako by byl v reálné situaci.

## **4.2 Hodnocení zavádění prvků Průmyslu 4.0 do konkrétního podniku**

Tato podkapitola se zabývá celkovým hodnocením zavádění prvků Průmyslu 4.0 do konkrétního podniku. Nejprve si zhodnotíme, v jaké fázi se firma momentálně nachází, dále si projdeme konkrétní prvky, které firma již implementuje nebo plánuje využívat včetně návrhů zlepšení, která by měl podnik vzít do úvahy. Zhodnotíme i navrhovaný prvek elektronického objednávání materiálu, který by firma mohla začít využívat a následně implementaci prvků Průmyslu 4.0 celkově zhodnotíme. Poslední část této kapitoly se věnuje přínosu této bakalářské práce pro vybraný podnik.

Firma je v počáteční fázi zavádění prvků Průmyslu 4.0. Vybírá správné prvky, které povedou k zvýšení efektivity výroby. Firma pečlivě vybírá prvky čtvrté průmyslové revoluce, které povedou k největšímu zefektivnění v podniku, případně k urychlení procesu plánování implementace prvků Průmyslu 4.0.

Díky brýlím rozšířené reality bude jednodušší a efektivnější údržba. Výrazným pozitivem bude zejména možnosti vzdálené údržby, kdy by se mohli propojit údržbáři mezi sebou nebo údržbář s odborníkem ze strany dodavatele pomocí služby Microsoft Teams a společně by tak mohli odstranit kritické problémy, které mohou vzniknout. Dobrým využitím brýlí pro rozšířenou realitu je také možnost použití při preventivní údržbě. Tu díky brýlím zvládne i méně zkušený pracovník a budou proto opět limitovány kritické problémy, které by mohly vést až k zastavení výrobního procesu. *Podnik by mohl zvážit více možných využití těchto brýlí, jako např. pro opravy strojů operátory nebo důkladnější kontrolu kvality.*

Dalším přínosem pro firmu bude software digitálního dvojčete. Díky tomuto programu totiž bude možné testovat a plánovat nejen nové výrobní linky, ale především by tento program měl urychlit zavádění prvků Průmyslu 4.0. Program umožní testovat a vyhodnocovat investice, které podnik plánuje, jako například cobotizaci nebo implementaci autonomních ještěrek do podniku. Dalším důležitým faktem je i to, že díky softwaru bude firma schopna efektivněji a rychleji navrhnout plánovaný centrální sklad, včetně optimálního počtu autonomních vozíků, mycích vozů a dalších. V novém centrálním skladu by také firma díky správnému plánování mohla minimalizovat náklady na lidské zdroje, což by mohlo vést k velké úspoře peněz. Tento prvek je tedy klíčový pro budoucnost podniku, a proto firma vybrat správného dodavatele softwaru.

Dobрым nápadem implementace je také trenažér ve virtuální realitě, kde si zaměstnanci na vlastní kůži mohou vyzkoušet, jaké následky by mohlo mít jejich pochybení. Trenažér je dobře propracovaný, *ale pro ještě větší reálnost situace bych firmě doporučil použití brýlí pro virtuální realitu, díky kterým by měl pracovník ještě větší pocit reálnosti situace.*

Firma by měla zvážit také návrh zavedení *objednávacího systému fungujícím na IoT*, na který je fakticky připravena díky tomu, že na každé lince již je počítač. *Jediným nákladem navíc by bylo vytvoření softwaru a nákup monitoru do skladu.*

Celkově zavádění prvků Průmyslu 4.0 můžeme hodnotit kladně. Firma by ale *měla zvýšit počet zaměstnanců, kteří mají implementaci prvků na starost*. To by vedlo k ještě většímu urychlení procesu plánování, který brzdí proces modernizace závodu. Implementace prvků

Průmyslu 4.0 je pro podnik klíčová, jelikož tyto prvky vedou k velkému zvýšení efektivity práce, lepšímu využívání lidských zdrojů a v neposlední řadě také k výrazné úspoře nákladů.

Přínosem této práce je pomoci firmě *najít více možných využití již plánovaných prvků*. Díky většímu využití by se mohla zvýšit efektivita a rozšíření by nemuselo být tolik náročné, jelikož firma už bude mít s přípravou zkušenosti z již plánovaných projektů. Příkladem mohou být brýle rozšířené reality,  *které by firma mohla využívat na drobné opravy na linkách přímo operátorem* nebo pro *důkladnější kontrolu kvality výrobků*. V případě cobotů by závod mohl vzít do úvahy *možnost širšího využití pro zakládání obrobků na paletky* při počátku výrobního procesu brzdy. Přínosem pro firmu může být také nápad zavedení *elektronického objednávání materiálu* potřebného k výrobě na linkách. Ten by urychlil zásobování linek a ušetřil lidský kapitál na sběr a odnos kanbanových lístků do skladu.

## Závěr

Průmysl 4.0 je důležitou změnou, kterou momentálně prožíváme. Firmy by proto neměly promeškat příležitost modernizovat své závody. Pokud by nebyly použity alespoň některé prvky Průmyslu 4.0, firmy by ztratily svou konkurenceschopnost. Implementace prvků je velmi důležitá z hlediska zvýšení efektivity práce a její kvality. Také státy by neměly promeškat možnost průmyslovou revoluci podpořit, jelikož by to mohlo vést až k jejich rozpadu díky množství decentralizace spojené s Průmyslem 4.0.

Konkrétní podnik ZF Automotive Czech s.r.o. v Jablonci nad Nisou začíná implementovat důležité prvky Průmyslu 4.0, které povedou k urychlení plánovacího procesu. Firma již vybrala dodavatele softwaru digitálního dvojčete a do konce roku 2022 by tento software chtěla začít používat. Byla také zmíněna možná vylepšení, která by podnik mohl využít jako například objednávání materiálu pomocí aplikace běžící na IoT.

Cílem práce bylo zhodnotit zavádění prvků Průmyslu 4.0 do konkrétního podniku a zjistit, jak tyto podněty firmu ovlivňují. Celkově lze zavádění prvků Průmyslu 4.0 do podniku hodnotit kladně, jelikož firma vybírá správné prvky, které povedou k velkému zefektivnění práce, avšak měla by urychlit proces plánování a implementace těchto prvků. Firmu tyto podněty především ovlivňují v tom, že se snaží hledat možnosti zvýšení efektivity práce pomocí již zmiňovaných nástrojů. V tom nejvíce pomůže software digitálního dvojčete.

Odpovědí na výzkumnou otázku, které prvky z Průmyslu 4.0 zvýší efektivitu ve vybraném podniku může být, že ke zvýšení efektivity přispěje především software digitálního dvojčete a zavedení cobotů. Tyto dva prvky totiž povedou k největšímu zefektivnění práce. Také brýle virtuální reality přispějí k zefektivnění práce, a to především díky zrychlení oprav strojů. Vzhledem k tomu, že budou moci být stroje rychleji opravené se sníží možné prostoje, tedy zvýší se efektivita výrobního procesu.

Odpovědí na otázku, které prvky Průmyslu 4.0 jsou pro firmu klíčové může být, že nejdůležitější je zavedení softwaru digitálního dvojčete. To povede k obrovskému urychlení plánovací fáze u nových projektů a celkovému zefektivnění práce. Bude zde také možné plánovat zavedení dalších prvků Průmyslu 4.0 nebo nové linky a nový centrální sklad.



Hlavní výhodou ale je, že podnik bude moci najít úzká místa výrobního procesu a okamžitě je začít řešit.

## Seznam použité literatury

- MAŘÍK, Vladimír, 2016. Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku. Praha: Management Press. ISBN 978-80-7261-440-0
- CEJNAROVÁ, Andrea., 2015. Od 1. průmyslové revoluce ke 4. . Technický týdeník [online]. Praha: Bussiness Media CZ [cit. 18.12.2021]. Dostupný z: [https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv-technik/od-1-prumyslove-revoluce-ke-4\\_32491.html](https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv-technik/od-1-prumyslove-revoluce-ke-4_32491.html)
- DENČEVOVÁ, Ivana a Radek ŠPICAR. „4. průmyslová revoluce je změna, kterou pocítí všichni...“, říká RADEK ŠPICAR. Youtube[online]. Český Krumlov: Czech Info, 2017, 22.6.2017 [cit. 2021-12-17]. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=QWjcbTyn\\_5g](https://www.youtube.com/watch?v=QWjcbTyn_5g)
- MAŘÍK, Vladimír. Vladimír Mařík: Od Průmyslu 4.0 ke Společnosti 4.0. Youtube [online]. Ostrava: DTO CZ, 2017, 28.6.2017 [cit. 2021-12-17]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=9jmbIEyvsFQ>
- NĚMEC, Václav, SURÝ, Jan, ed. Anglická průmyslová revoluce a její rozšíření. Dějepis.com [online]. Praha: Dějepis.com, 2015 [cit. 2021-12-19]. Dostupné z: <https://www.dejepis.com/ucebnice/anglicka-prumyslova-revoluce-a-jeji-rozsireni/>
- USTUNDAG, Alp a Emre CEVIKCAN. Industry 4.0: Managing The Digital Transformation. Švýcarsko: Springer International Publishing, 2018. ISBN 978-3-319-57869-9.
- TASIGIORGOU, Alexandra. Map of national initiatives for digitising industry. In: European Comission [online]. 2017 [cit. 2022-01-10]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/futurium/en/content/digitising-european-industry-catalogue-initiatives.html>
- Schéma průmyslových revolucí. In: Leanindustry.cz [online]. Brno, 2020 [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: <https://www.leanindustry.cz/prumysl-4-0/>
- HLAVÁČ, Jakub. STO OBJEVŮ: Pásovou výrobu vynalezl automobilový magnát Henry Ford. Idnes.cz [online]. Praha: Mafra, 2021, 9. srpna 2021 [cit. 2022-01-11]. Dostupné z: [https://www.idnes.cz/technet/veda/sto-objevu-sveta-serial-vikend-technet-pasova-vyroba-automobilka-henry-ford.A190914\\_501718\\_letadlem\\_taj](https://www.idnes.cz/technet/veda/sto-objevu-sveta-serial-vikend-technet-pasova-vyroba-automobilka-henry-ford.A190914_501718_letadlem_taj)
- OEE.com. OEE.com [online]. Itasca IL: Vorne Industries, 2021 [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: <https://www.oee.com/calculating-oe/>
- DUBA, Tomáš a Lukáš SEMELÍK. Digitální dvojče Siemens a jeho výhody v praxi [online]. Praha: TRADEMEDIA INTERNATIONAL, 2021 [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: <https://www.vseoprmyslu.cz/inspirace/nazory-a-komentare/siemens-digitalni-dvojce-a-jeho-vyhody-v-praxi.htm>
- SIEMENSE, Software. Plant Simulation: Creating a Simple Model. Youtube.com [online]. 2018 [cit. 2022-04-10]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=HUayvHqQulE>
- KOHOUT, Martin. Co je to Web 3.0? Interaktivní kód a uživatelský obsah. Freebit.cz [online]. Plzeň: Martin Kohout, 2022 [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: <https://freebit.cz/co-je-to-web-3-0-interaktivni-kod-a-uzivatelsky-obsah/>

ZELENKA, Filip. Co to je metaverse? Facebook budoucnosti i nástupce Microsoft Teams. E15.cz [online]. Praha: CZECH NEWS CENTER, 2022 [cit. 2022-05-31]. Dostupné z: <https://www.e15.cz/co-to-je-metaverse>

What is a digital twin?. Ibm.com [online]. IBM, 2021 [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://www.ibm.com/topics/what-is-a-digital-twin>