

**Západočeská univerzita v Plzni
Fakulta elektrotechnická**

DISERTAČNÍ PRÁCE

**Návrh metodiky pro posouzení digitální transformace
podniku**

Andrea Benešová, Ing.

Plzeň, 2022



**FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY
V PLZNI**

Disertační práce

k získání akademického titulu doktor v oboru

Elektrotechnika

Ing. Andrea Benešová

**Návrh metodiky pro posouzení digitální transformace
podniku**

Školitel: doc. Ing. Jiří Tupa, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem disertační práci vypracovala samostatně a použila jsem prameny, které cituji a uvádím v seznamu literatury. V předložené vědecké práci jsou použity obvyklé vědecké postupy.

V Plzni, 09.06.2022

..... Benešová A.
.....
podpis

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala svému školiteli doc. Ing. Jiřímu Tupovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, cenné rady při zpracování disertační práce, a především za jeho přátelský přístup při vedení mého doktorského studia. Dále bych ráda poděkovala kolegům z katedry Materiálů a technologií za to, že mi byli oporou, pomáhali mi a poskytovali mi cenné rady během celého mého studia. V neposlední řadě patří velké poděkování i všem osloveným zástupcům z firem, kteří mi poskytli informace a data nezbytná pro zpracování této disertační práce.

Abstrakt

Předložená disertační práce vychází ze současných poznatků o nové průmyslové revoluci, označované jako Průmysl 4.0 a je především zaměřena na problematiku hodnocení připravenosti digitální transformace podniku nezbytnou pro dosažení hlavní vize tohoto konceptu, kterou je takzvaná chytrá továrna. Úvodní teoretická část je věnována analýze současného stavu dané problematiky, která obsahuje popis samotného konceptu Průmyslu 4.0, vymezení základních souvisejících pojmů a technologií, popis vybraných strategií Evropské unie, výsledky již provedených průzkumů a přehled současných modelů používaných pro hodnocení připravenosti podniku na daný koncept. Na základě výsledků provedené analýzy byl dále stanoven a popsán hlavní cíl disertační práce a hypotézy. Cílem je vytvoření metodiky pro hodnocení připravenosti na digitální transformaci podniků v oblasti elektrotechniky, která bude vycházet z procesního řízení a zároveň bude zohledňovat řízení lidských zdrojů, rizik a aspekty udržitelné výroby. Další část práce navazuje na metody, které byly použity při řešení cíle a dále samotným návrhem a popisem dílčích kroků metodiky. Praktická část práce je následně zaměřena na ověření navrhované metodiky a je zde představen návrh webová aplikace, který by mohl sloužit jako pomocný nástroj pro uživatele z hlediska rozšíření jejich informací o daném konceptu a zároveň firmám poskytnout možnost bezplatně posoudit jejich připravenost na uvedený koncept.

Klíčová slova

Digitalizace, chytrá továrna, procesní řízení, Průmysl 4.0, řízení lidských zdrojů, řízení rizik, udržitelnost, Zelená dohoda EU

Abstract

The presented dissertation is based on the current knowledge of the new industrial revolution, referred to as Industry 4.0, and is mainly focused on the issue of assessing the readiness of the digital transformation of the enterprise necessary to achieve the main vision of this concept, which is the so-called smart factory. The introductory theoretical part is devoted to the analysis of the current state of the issue, which includes a description of the concept of Industry 4.0 itself, the definition of the basic related concepts and technologies, a description of selected European Union strategies, the results of already conducted surveys and an overview of current models used to assess the readiness of the enterprise for the concept. Based on the results of the analysis, the main objective of the dissertation and hypotheses were further defined and described. The aim is to develop a methodology for assessing the readiness for digital transformation of enterprises in the electrical engineering sector, which will be based on process management, while taking into account human resource management, risk management and sustainable production aspects. The next part of the thesis follows the methods that were used to address the objective and then the actual design and description of the sub-steps of the methodology. The practical part of the thesis is then focused on the validation of the proposed methodology and presents the design of a web application that could serve as an auxiliary tool for users in terms of expanding their information on the concept and also provide companies with the opportunity to assess their readiness for the concept free of charge.

Keywords

Digitization, Smart Factory, Process Management, Industry 4.0, Human Resource Management, Risk Management, sustainability, Green Deal EU

Abstract

La thèse présentée est basée sur les connaissances actuelles de la nouvelle révolution industrielle, appelée Industrie 4.0, et est principalement axée sur la question de l'évaluation de l'état de préparation de la transformation numérique de l'entreprise nécessaire pour atteindre la vision principale de ce concept, qui est l'usine intelligente. La partie théorique introductive est consacrée à l'analyse de l'état actuel de la question, qui comprend une description du concept d'industrie 4.0 lui-même, la définition des concepts et technologies de base qui y sont liés, une description de certaines stratégies de l'Union européenne, les résultats d'enquêtes déjà réalisées et un aperçu des modèles actuels utilisés pour évaluer l'état de préparation de l'entreprise au concept. Sur la base des résultats de l'analyse, l'objectif principal de la thèse et les hypothèses ont été définis et décrits plus en détail. L'objectif est de développer une méthodologie d'évaluation de la préparation à la transformation numérique des entreprises du secteur de l'électrotechnique, qui sera basée sur la gestion des processus, tout en prenant en compte les aspects de gestion des ressources humaines, de gestion des risques et de production durable. La partie suivante de la thèse suit les méthodes qui ont été utilisées pour répondre à l'objectif, puis la conception proprement dite et la description des sous-étapes de la méthodologie. La partie pratique de la thèse se concentre ensuite sur la validation de la méthodologie proposée et présente la conception d'une application web qui pourrait servir d'outil auxiliaire pour les utilisateurs en termes d'élargissement de leurs informations sur le concept et également fournir aux entreprises la possibilité d'évaluer gratuitement leur état de préparation au concept.

Mots clés

Numérisation, Smart Factory, Gestion des processus, Industrie 4.0, Gestion des ressources humaines, Gestion des risques, durabilité, Green Deal EU

Obsah

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	8
TERMINOLOGICKÝ SLOVNÍK	9
ÚVOD	11
1 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	13
1.1 CHARAKTERISTIKA KONCEPTU.....	13
1.2 ZAHRANIČNÍ INICIATIVY	15
1.3 PŘIPRAVENOST ČESKÝCH PODNIKŮ NA NOVOU PRŮMYSLOVOU REVOLUCI.....	16
1.4 INTELIGENTNÍ TOVÁRNA (SMART FACTORY)	20
1.4.1 Digitalizace.....	21
1.4.2 Automatizace a robotizace.....	22
1.4.3 Aditivní výroba	23
1.4.4 Rozšířená realita	24
1.4.5 Internet věcí (IoT).....	24
1.4.6 Analýza velkých dat (Big Data).....	25
1.4.7 Kybernetická bezpečnost	25
1.5 STRATEGIE EVROPSKÉ UNIE	26
1.5.1 Zelené dohoda EU	26
1.5.2 Evropa připravená na digitální věk.....	28
1.5.3 Shrnutí požadavků na podniky plynoucích z představených strategií a konceptu Průmyslu 4.0	30
1.6 ANALÝZA SOUČASNÝCH LITERÁRNÍCH ZDROJŮ.....	32
1.7 ZELENÁ DOHODA EU A UDRŽITELNÁ VÝROBA ŠETRNÁ K ŽIVOTNÍMU PROSTŘEDÍ V RÁMCI PRŮMYSLU 4.0.....	34
1.8 DOPADY IMPLEMENTACE KONCEPTU PRŮMYSLU 4.0 NA ŘÍZENÍ TECHNOLOGICKÝCH PROCESŮ	38
1.9 ŘÍZENÍ RIZIK	39
1.10 ŘÍZENÍ LIDSKÝCH ZDROJŮ	40
1.11 ZRALOSTNÍ MODEL Y A MODEL Y PŘIPRAVENOSTI NA PRŮMYSL 4.0.....	46
2 CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE	50
3 METODY ŘEŠENÍ DISERTAČNÍ PRÁCE	53
3.1 DRUHY A VÝBĚR DESIGNU VÝZKUMU	53
3.2 REŠERŠE	55
3.3 DIFERENČNÍ ANALÝZA (GAP ANALÝZA).....	57
3.4 DOTAZNÍKOVÉ ŠETŘENÍ	57
3.5 INTERVIEW.....	61
4 ZÁKLADNÍ TEORETICKÁ VÝCHODISKA NAVRHOVANÉ METODIKY ..	62
4.1 PROCESNÍ ŘÍZENÍ A OBECNÝ POPIS PROCESU	62
4.1.1 Modelování procesů	64
4.1.2 Monitorování a měření procesů	65
4.1.3 Metody pro optimalizaci procesů	66

4.1.4	<i>Hlavní zásady štihlé výroby</i>	67
4.1.5	<i>Optimalizační metody využívané v rámci Lean managementu</i>	68
4.2	ŘÍZENÍ RIZIK	70
4.2.1	<i>Analýza rizik</i>	71
4.2.2	<i>Metody hodnocení rizik</i>	73
4.3	METODY HODNOCENÍ INVESTIC	74
5	HLAVNÍ DOSAŽENÉ VÝSLEDKY	76
5.1	NÁVRH METODIKY	76
5.1.1	<i>GAP analýza současného stavu podniku – návrh hodnotícího modelu</i>	80
5.1.2	<i>Hodnotící formulář</i>	84
5.1.3	<i>Posouzení procesní mapy organizace</i>	87
5.1.4	<i>Posouzení organizační struktury</i>	96
5.1.5	<i>Řízení rizik</i>	109
5.1.6	<i>Zhodnocení současného stavu norem a standardů</i>	116
5.2	OVĚŘENÍ NAVRŽENÉ METODIKY A HYPOTÉZ	119
5.2.1	<i>Výstupy aplikace hodnotícího modelu</i>	119
5.2.2	<i>Zhodnocení současného stavu z hlediska zavádění nových pracovních rolí a rozšiřování kompetencí</i>	123
5.2.3	<i>Zhodnocení současného stavu oblasti produktu a služeb</i>	129
5.2.4	<i>Zhodnocení současného stavu procesů v organizacích</i>	133
5.2.5	<i>Ověření metodiky</i>	142
5.2.6	<i>Ověření stanovených hypotéz</i>	143
5.3	NÁVRH AUTOMATICKÉHO VÝPOČTU A WEBOVÉ APLIKACE	147
5.3.1	<i>Vytvoření automatického výpočtu hodnocení připravenosti podniků</i>	147
5.3.2	<i>Obsah a struktura webových stránek</i>	151
6	ZÁVĚR	155
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	159
	SEZNAM PUBLIKACÍ A VÝSTUPŮ STUDENTA VZTAHUJÍCÍCH SE K DISERTAČNÍ PRÁCI	169
	OSTATNÍ PUBLIKACE A VÝSTUPY STUDENTA	170
	SEZNAM PŘÍLOH	1

Seznam symbolů a zkratk

Zkratka	Anglický název	Český název
AI	Artificial Intelligence	Umělá inteligence
AGV	Automated Guided Vehicle	Automaticky řízená vozidla
AM	Additive Manufacturing	Aditivní výroba
AMR	Autonomous Mobile Robots	Autonomní mobilní roboti
AR	Augmented Reality	Rozšířená realita
CMMI	Capability Maturity Model Integration	Stupňovitý model zralosti
CPS	Cyber Physical Systems	Kyberneticko-fyzikální systémy
CRM	Customer relationship management	Řízení vztahů se zákazníky
ČSN	-	Česká technická norma
ERP	Electronic Resource Planning	Podnikový informační systém
IoT	Internet of Things	Internet věcí
IoS	Internet of Services	Internet služeb
IS		Informační systém
ISO	International Organization for Standardization	Mezinárodní organizace pro normalizaci
IT	Information Technology	Informační technologie
JIT	Just In Time	-
LEAN	Lean management	Štíhlá výroba
MES	Manufacturing Execution System	Výrobní řídicí systém
M2M	Machine2Machine	Komunikace mezi stroji
QMS	Quality Management System	Systém řízení jakosti
PDCA	Plan/Do/Check/Act	Plánuj/Dělej/Kontroluj/Jednej
RFID	Radio Frequency Identification	Identifikace na rádiové frekvenci
ROI	Return On Investments	Návratnost investic
RTLS	Real-time locating system	Lokalizační systémy v reálném čase
SCM	Supply Chain Management	Řízení dodavatelského řetězce

Terminologický slovník

Aditivní výroba – představuje proces výroby z digitálního návrhu na trojrozměrný objekt, během kterého je materiál nanášen postupně

Agilní řízení – interaktivní způsob řízení, jehož podstatou je práce v malých týmech s důrazem na přímou komunikaci a průběžné dodávání produktu zákazníkovi

Autonomní robot – robot pracující samostatně, který je zpravidla předem naprogramovaný k určitému účelu

Big data – jedná se o tak velké a složité datové sady, že je nelze v rozumném čase spravovat a zpracovávat běžně používanými softwarovými prostředky

Chytrá továrna – představuje firmu/továrnu s plně digitalizovaným integrovaným samořízeným flexibilním výrobním systémem, který bude propojen a řízen pomocí autonomního kyberneticko-fyzického výrobního systému a Internetu věcí (IoT)

Cloud computing – jedná se o vzdálené poskytnutí a zpřístupnění služby/programu uživateli kdekoli a odkudkoli servery dostupnými z internetu

Digitalizace – komplexní systém zahrnující nejen proces převodu informací/dat (původního zdroje) z analogové podoby do počítačem čitelné tzv. digitální, ale též následnou správu, uložení a zpřístupnění digitálních dat

Evropa připravená na digitální věk – tvoří jednu z šesti priorit EU a představuje koncept transformace na digitální technologie, které budou ve prospěch široké veřejnosti i podnikům

IoT (Internet of Things) – představuje síť, která umožňuje fyzickým zařízením vybavených elektronikou a síťovou konektivitou se vzájemně propojit a vyměňovat si data

Lean management – přístup k řízení a fungování procesů ve firmě, který je založen na principech trvalého zlepšování ve všech oblastech a zamezení zbytečnému plýtvání

Kolaborativní robot – robot určený ke sdílení pracovního prostoru a spolupráci s lidmi

Kybernetická bezpečnost – odvětví výpočetní techniky zaměřené na informační bezpečnost, jehož cílem je zabránit nežádoucímu a neautorizovanému užití elektronických dat

Machine2Machine – bezdrátový přenos dat probíhající obousměrně mezi zařízeními

Model procesu – detailní grafické znázornění konkrétního procesu

PDCA cyklus – metoda řízení pro kontinuální zlepšování procesů

Proces – soubor hierarchických činností s jedním nebo více vstupy, které jsou přeměněny na výstupy

Procesní mapa – přehledu procesů v rámci organizace nebo její části

Procesní řízení – systémy, postupy, metody a nástroje trvalého zajištění maximální výkonnosti a neustálého zlepšování podnikových i mezipodnikových procesů, které vycházejí z jasně definované strategie organizace a jejichž cílem je naplnit stanovené strategické cíle.

Průmysl 4.0 - nová průmyslová revoluce, jejíž hlavní vizí je vznik tzv. „chytré továrny“, ve které dojde ke kompletnímu digitální propojení a automatizaci všech procesů

Rizika – představují výskyt nežádoucích událostí/potenciální problémy, které mohou s určitou pravděpodobností nastat

Řízení rizik – představuje neustále se opakující soubor vzájemně souvisejících aktivit, jejíž cílem je identifikovat a zamezit existujícím i potenciálním rizikům.

Robotizace – komplexní proces implementace robotů, kteří mají nahradit určité lidské činnosti

Rozšířená realita – jedná se o kombinaci reálného a virtuálního světa, kdy je realita zobrazena a rozšířena o počítačem vytvořené prvky

Zelená dohoda EU - tvoří jednu z šesti hlavních priorit EU a jedná se o koncept, jehož cílem je stát se prvním klimaticky neutrálním kontinentem na světě do roku 2050

Zralostní model (model připravenosti) – označuje model používaný pro zhodnocení úrovně vyspělosti/zralosti určitých procesů v rámci organizace

Úvod

V současné době žijeme v éře silné konkurence kvůli nasycení trhu. To znamená, že prosté porozumění zákazníkovi a jeho potřebám již nestačí, ale společnosti se také musí soustředit na svou konkurenci a zároveň musí nést odpovědnost za všechny dopady svých úkonů, které významně ovlivňují jeho pověst, zisky a dlouhodobý vývoj. Aby byla společnost konkurenceschopná, musí získat určitou konkurenční výhodu. Nejen z hlediska užitečných vlastností a finančních aspektů produktu, kvality a rychlosti výrobního procesu, ale také v přijetí sociálně odpovědného a udržitelného přístupu. Implementace strategie sociální odpovědnosti podniků, princip zahrnutí sociálních a environmentálních aspektů, je proto podstatnou součástí konkurenceschopnosti společnosti i vzhledem k tomu, že v roce 2020 byly přijaty nové strategie pro Evropskou unii, mezi které patří i Zelená dohoda pro EU, která tento přístup podporuje. Kvalita a rychlost výrobního procesu, avšak úzce souvisí s technologiemi, které společnost ve výrobním procesu používá. Technologie se však neustále vyvíjí, a proto se požadavky na podniky neustále mění.

S tím souvisí i Průmyslu 4.0, který je v současné době již běžně používaný a rozšířený pojem a označuje novou průmyslovou revoluci, která vznikla právě v důsledku vývoje a zavádění nových technologií do výroby. Hlavní vizí tohoto konceptu je spojení virtuálního kybernetického světa se světem fyzické reality a vytvoření takzvané chytré továrny. Z tohoto důvodu se z pohledu moderní teorie systémů někdy hovoří o revoluci kyberneticko-fyzicko-sociální. Avšak základ chytré továrny bude tvořit digitalizace a dále následujících devět technologií – automatizace a robotizace, simulace, systémová integrace, Internet věcí (IoT), kybernetická bezpečnost, cloud computing, aditivní výroba, rozšířená realita a Big Data. Zavedení těchto technologií zásadním způsobem ovlivní celou průmyslovou výrobu, tedy i oblast elektrotechnické výroby. Implementací konceptu Průmyslu 4.0 do podniku by mělo dojít ke zvýšení flexibility a produktivity výrobních procesů a tím i k zvýšení konkurenceschopnosti dané společnosti na trhu. Výrobní procesy budou transformovány na digitální, plně automatizované a samořízené. To bude mít za následek změny v podnikové architektuře, organizační struktuře, lidských zdrojích, informačních technologiích, v procesním řízení, ale také ve standardech a normách. Tyto změny budou mít nejen vliv na samotný průmysl, výrobu, ale i celospolečenský dopad především na ekonomiku, vzdělávání a trh práce. Vzroste poptávka po vysoce kvalifikovaných pracovnících se vzděláním v oblasti elektrotechniky a informačních technologií, a naopak některé profese zcela vymizí.

Konkurenceschopná a zároveň udržitelná výroba bude tedy pro společnosti skutečnou výzvou, zejména za současných tržních podmínek, které byly také ovlivněny pandemií covid-19. Pokud chtějí společnosti zůstat na trhu a být i nadále konkurenceschopné, budou muset v budoucnu přizpůsobit svou výrobu požadavkům, jak konceptu Průmysl 4.0, tak i požadavkům udržitelné výroby, která je šetrná k životnímu prostředí (například využívání méně přírodních zdrojů, snižování znečištění a odpadu, recyklace a opětovné použití materiálů a mírné emise ve svých procesech). Je důležité, aby tyto aspekty byly chápány společně se vzájemnou interakcí a podporou.

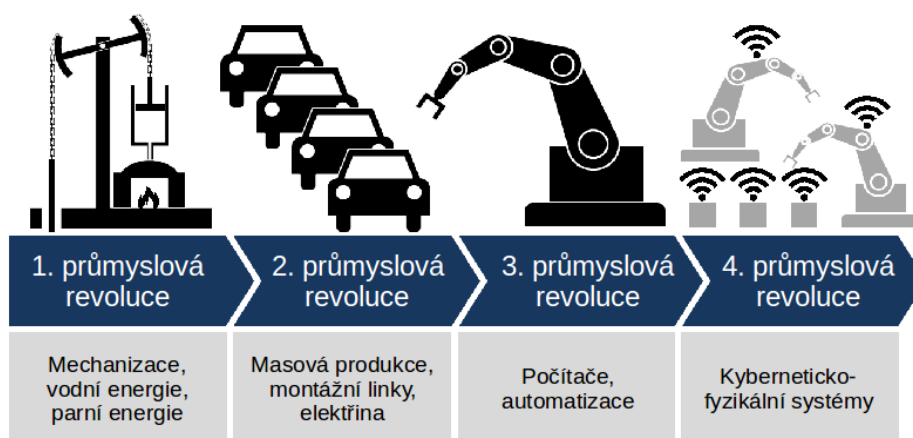
Předložená disertační práce vychází z těchto poznatků a je především zaměřena na problematiku hodnocení připravenosti podniku na digitální transformaci nezbytnou pro dosažení hlavní vize konceptu Průmyslu 4.0. Digitální transformace však představuje rozsáhlou změnu v podobě integrace digitálních technologií do podnikových procesů, která ovlivní fungování napříč celým podnikem. Z tohoto důvodu je pro úspěšné dosažení digitální transformace důležité, aby daný podnik měl dobře zmapované a popsané podnikové procesy, na jejichž základě se bude vytvářet digitální model podniku. K tomu samozřejmě napomáhá, pokud má již společnost zavedené procesní řízení. S procesním řízením ovšem úzce souvisí i řízení rizik a lidských zdrojů, které jak již bylo zmíněno, budou změnami spojenými s digitální transformací také ovlivněny, proto je důležité, aby nebyly opomenuty. Navíc v současné době jsou na společnosti ještě kladeny vysoké požadavky i z hlediska udržitelné výroby šetrné k životnímu prostředí, proto by tato transformace neměla vést ke zhoršení dopadů na změnu klimatu a životní prostředí, ale naopak by měla přispět k podpoře tohoto řešení. Z těchto důvodů je hlavním cílem disertační práce vytvoření metodiky pro hodnocení připravenosti podniků na digitální transformaci v oblasti elektrotechniky, která bude vycházet z procesního řízení a konceptu Průmyslu 4.0 a zároveň bude zohledňovat řízení lidských zdrojů a rizik.

1 Analýza současného stavu poznání

V posledních letech došlo k výraznému rozvoji v oblasti implementace digitalizace, informačních systémů a nových technologií do výroby. Tato skutečnost měla za následek vznik nové průmyslové revoluce, která je označována jako Průmysl 4.0. V této úvodní teoretické části práce budou nastíněny základní informace o konceptu Průmysl 4.0 a nových strategií EU. Poté je zde zpracován přehled současných literárních zdrojů, z jejichž výsledků byly stanoveny oblasti výzkumu pro disertační práci. Na tuto část navazuje popis zahraničních iniciativ, výsledků provedených průzkumů, jak vnímají podniky v ČR koncept Průmyslu 4.0. Na závěr kapitoly je uveden popis chytré továrny a základních oblastí konceptu Průmyslu 4.0.

1.1 Charakteristika konceptu

Název konceptu Průmysl 4.0 byl odvozen z původního německého termínu Industrie 4.0. Prvotní vize nové průmyslové revoluce se objevila již v roce 2011 na veletrhu v Hannoveru, na kterém byl o dva roky později představen i dokument implementačního doporučení tzv. Nationale Roadmap Embedded Systems, na jehož základě vznikl i koncept Průmysl 4.0. [1] V současné době je Průmysl 4.0 označován jako již čtvrtá průmyslová revoluce. První tři vývojové stupně průmyslových revolucí byly způsobeny inovacemi v oblasti mechaniky (Průmysl 1.0), elektroniky (Průmysl 2.0) a informačních technologií (Průmysl 3.0). Pro čtvrtou průmyslovou revoluci je však typické vytvoření takzvaných inteligentních továren, ve kterých budou decentralizovaná zařízení navzájem propojena do kyberneticko-fyzických systémů (CPS). Vzniknou tak nové globální sítě, které umožní samořízenou a trvale optimalizovanou výrobu.



1. Vývojové stupně průmyslových revolucí [2]

Cílem konceptu je tedy pomocí samořízené výroby zvýšit efektivitu a produktivitu dané společnosti a tím zvýšit její konkurenceschopnost na trhu. Prostřednictvím samořízené výroby bude totiž společnost schopna vyrábět takzvané inteligentní produkty dle individuálních požadavků svých zákazníků. [3] Inteligentní produkty budou pomocí zabudovaných čipů a RFID technologie jednoznačně identifikovatelné a lokalizovatelné. Navíc inteligentní produkty budou mít informace o jejich aktuálním stavu a celé historii výrobního procesu. [4] V rámci firemních systémů budou výrobní procesy inteligentních továren propojeny nejen skrze hierarchickou a řídicí strukturou podniku, ale i napříč celého dodavatelského řetězce. Uvedená kombinace vertikálně-horizontálního propojení umožní optimalizaci výrobních procesů v reálném čase a v rámci celého hodnototvorného řetězce. [5]

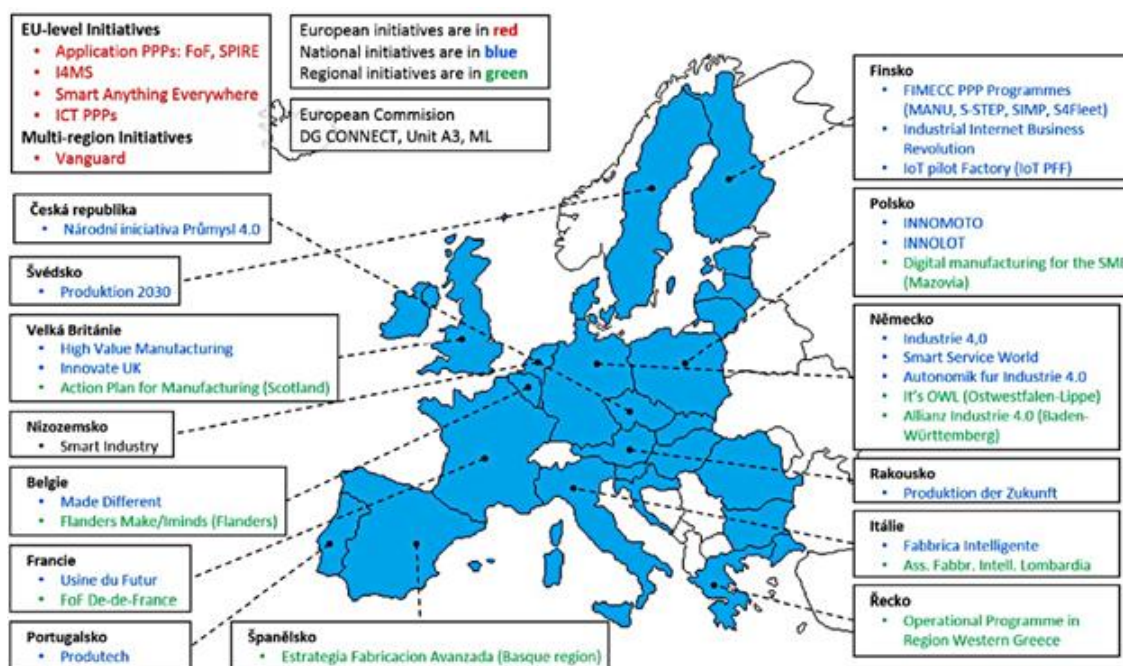
Koncept Průmysl 4.0 lze tedy charakterizovat pomocí uvedených pojmů:

- interoperabilita,
- virtualizace,
- decentralizace,
- rozhodování v reálném čase,
- orientace na služby a modularita. [6]

Interoperabilita představuje schopnost různých systémů vzájemně spolupracovat. V rámci inteligentních továren budou pro tento účel využívány právě kyberneticko-fyzické systémy, které umožní lidem a zařízením inteligentní továrny vzájemnou komunikaci a spolupráci prostřednictvím elektronického připojení. [7] Pojem virtualizace označuje tvorbu virtuálních modelů takzvaných digitálních dvojčat, které budou přesnou kopií inteligentních továren. Virtuální kopie budou propojeny s reálným podnikovým procesem a budou sloužit pro simulaci provozních podmínek a následnou optimalizaci procesů. [8] Decentralizace značí autonomní schopnost kyberneticko-fyzických systémů řídit výrobní procesy. [9] Řízení takového výrobního systému probíhá téměř v reálném čase, a to na základě nashromážděných a analyzovaných dat od jednotlivých zařízení výrobního procesu. [10] S tím souvisí i prediktivní údržba, výrobní systém prostřednictvím získaných a analyzovaných dat bude sledovat současný stav a poruchovost jednotlivých zařízení a dle výrobního zatížení sám plánovat včas údržbu těchto strojů. [11] Poslední pojem modularita představuje nahrazení nebo rozšíření jednotlivých modulů inteligentních továren, tím je zajištěna flexibilita na rychle se měnící požadavky. [12]

1.2 Zahraniční iniciativy

Průmysl 4.0 již není pouhým teoretickým pojmem, ale jedná se spíše o postupně se rozvíjející trend, který se rozšiřuje do řady zemí. Tento trend byl zásadně ovlivněn vývojem a implementací nových technologií do podniků. [13] Většina vyspělých zemí včetně České republiky si již uvědomila příležitosti a možnosti, které by zavedení konceptu Průmyslu 4.0 do podniků mohlo přinést. Z tohoto důvodu se jednotlivé země začaly zabývat vlastním výzkumem nové průmyslové revoluce. Na základě těchto výzkumů vznikla různá výzkumná pracoviště specializovaná pro zkoumání dané oblasti. Na základě těchto výzkumů byly následně vytvořeny strategie jednotlivých států pro implementaci Průmyslu 4.0 do praxe, tzv. iniciativy jednotlivých zemí. Na obrázku II. jsou zobrazeny iniciativy jednotlivých zemí Evropské unie. [14]



2. Přehled iniciativ jednotlivých zemí Evropské unie [14]

Výzkumem v oblasti nové průmyslové revoluce se zabývají i ve Spojených Státech, kde byly dokonce založeny dvě platformy „Industrial Internet Consortium“ (IIC) a „Smart Manufacturing Leadership Coalition“ (SMLC). První z uvedených platform byla založena již v roce 2014 pětici nadnárodních konglomerátů s cílem rozvoje a podpory přijetí průmyslového internetu. [15] V roce 2012 byla založena nezisková platforma „Smart Manufacturing Leadership Coalition“ (SMLC). Jedná se o sdružení vládních, akademických, soukromých a výzkumných firem, které se snaží vytvořit vzájemně propojené a informačně

řízené průmyslové prostředí. [16] V Číně naopak pro zvýšení konkurenceschopnosti vznikl strategický plán „Made-in-China 2025“, který má za úkol zásadně zvýšit produkci v deseti důležitých průmyslových sektorech. [17] I korejská vláda představila program pro podporu implementace nových technologií a vznik inteligentních továren, nazvaný „Manufacturing Industry Innovation 3.0“. [18] Dne 24. srpna 2016 byl i vládou České republiky schválen dokument Národní iniciativa Průmysl 4.0, ve které jsou představeny nové možné směry vývoje. Tento dokument byl vypracován Ministerstvem průmyslu a obchodu s cílem udržení a zvýšení konkurenceschopnosti naší země. V iniciativě je popsán současný stav, dále jsou zde řešeny změny a dopady vyvolané zavedením konceptu Průmysl 4.0. V dokumentu jsou dále nastíněna opatření související s kybernetickou bezpečností, vzděláváním, standardizací, legislativou a podporou investic. [19] Uvedené skutečnosti pouze potvrzují, že nová průmyslová revoluce není pouze fiktivní pojem, ale jedná se o důležité téma současné doby, které se stává realitou a je potřeba z hlediska dlouhodobého udržení konkurenceschopnosti, aby podniky i samotný stát byli na tuto změnu připraveni.

1.3 Přípravenost českých podniků na novou průmyslovou revoluci

Jelikož naplnění konceptu Průmysl 4.0 a vznik inteligentních továren lze očekávat během několika příštích let, tak se již dnes různé průzkumy snaží pomocí dotazníkového šetření zjistit současný stav připravenosti českých podniků na novou průmyslovou revoluci. Poradenská firma EY ve spolupráci s Hospodářskou komorou České republiky v posledních třech letech zjišťovaly pomocí průzkumu zvaného „Průmysl 4.0 z pohledu české praxe“ od českých firem dané údaje. Především informace o potencionálních přínosech a povědomí o Průmyslu 4.0, současném stavu zavádění nových technologií do výroby, plánovaných investicích, hlavních překážkách implementace Průmyslu 4.0 a podpoře ze strany státu. První průzkum [20] byl proveden v roce 2016 a zúčastnilo se ho 64 výrobních firem. O rok později se stejného průzkumu [21] již zúčastnilo 102 českých výrobních společností. A v minulém roce proběhl již třetí ročník uvedeného průzkumu, kterého se zúčastnilo již 183 firem z oblasti výrobního průmyslu. [22] Z tohoto nárůstu dotazovaných lze říci, že české výrobní podniky mají každým rokem větší zájem o uvedenou problematiku. Nejpodstatnější zjištění z výše zmíněných průzkumů jsou shrnuta v Tabulce I.

TABULKA I. POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ PRŮZKUMU EY [20, 21, 22]

Období průzkumu	2016	2017	2018
Počet zúčastněných	64	102	183
Kolik podniků považuje Průmysl 4.0 za příležitost pro rozvoj jejich podnikatelské činnosti?	85 %	76 %	X
Kolik společností očekává zvýšení produktivity po zavedení Průmyslu 4.0?	56 %	62 %	57 %
Kolik společností plánuje investice do technologií a nástrojů Průmyslu 4.0 v příštích 3 letech?	59 %	51 %	87 %
Kolik společností považuje za největší překážku implementace Průmyslu 4.0 nedostatek kvalifikovaného personálu?	57 %	57 %	50 %
Kolik společností považuje za překážku pro implementaci Průmyslu 4.0 celkovou výši výdajů?	57 %	52 %	33 %
Kolik společností považuje za překážku pro implementaci Průmyslu 4.0 nedostatečné povědomí o uvedené průmyslové revoluci?	24 %	25 %	16 %
Kolik společností považuje za důležitý krok ze strany státu definování plánu investičních pobídek pro podniky zavádějící technologie Průmyslu 4.0?	60 %	50 %	42 %
Kolik společností považuje za důležitý krok ze strany státu podporu nových studijních oborů?	44 %	49 %	38 %

Dle výsledků z provedených průzkumů firmou EY lze říci, že koncept Průmysl 4.0 je z pohledu firem vnímán jako příležitost pro rozvoj podnikatelské činnosti. Společnosti za hlavní potencionální přínosy zavedení konceptu Průmysl 4.0 hodnotí především zvýšení produktivity, efektivity práce a zvýšení celkové flexibility, které by přispělo ke snížení nákladů a ke zvýšení konkurenceschopnosti společnosti na trhu. Naopak mezi hlavní překážky implementace technologií Průmyslu 4.0 firmy uvedly nedostatek kvalifikovaného

personálu, investice, bezpečnost dat a nedostatečné povědomí o samotném Průmyslu 4.0. Avšak z provedených průzkumů za poslední tři roky je patrné, že celkové povědomí o konceptu Průmysl 4.0 každým rokem narůstá, tedy za pár let již nemusí být vnímáno jako hlavní překážka. Přestože jsou i investice považovány za překážku pro zavedení uvedeného konceptu, tak jsou v dotázaných společnostech plánovány v následujících třech letech investiční výdaje do technologií Průmyslu 4.0. Především jsou plánovány investice do analýzy interních dat (Big data), datové integrace s obchodními partnery, počítačové virtualizaci a simulaci a autonomních robotů. Některé společnosti dokonce uvedly, že již investovaly do implementace analýzy interních dat (Big data), díky které dosáhly zvýšení produktivity nebo efektivity práce. Se zavedením nových technologií do výroby souvisí i téma, zda je dostatečná úroveň standardizace a certifikace Průmyslu 4.0 v České republice. Více jak polovina respondentů zhodnotila úroveň standardizace a certifikace Průmyslu 4.0 v České republice jako nedostatečnou. Z tohoto důvodu bude nutné, aby současné standardy a certifikace byly zrevidovány, aktualizovány a přizpůsobeny aspektům konceptu Průmyslu 4.0. Dále měli respondenti zhodnotit plánované změny business modelu na základě vlivu zavedení konceptu Průmyslu 4.0. Polovina dotazovaných společností uvedla, že v průběhu tří let plánuje výrazně změnit aktuální business model. Dále měli respondenti posoudit, jakým způsobem by měl stát podpořit zavádění konceptu Průmysl 4.0. Z průzkumů vyplývá, že dle názoru respondentů by měl být ze strany státu definován plán investičních pobídek jako příspěvek podnikům, které zavádějí technologie Průmyslu 4.0, a dále poskytnuta podpora při budování klíčové sdílené ICT infrastruktury. Nedostatek kvalifikovaného personálu je další velmi diskutované téma v rámci konceptu Průmysl 4.0. Dle oslovených společností by mohlo pomoci řešení, které by se týkalo státní podpory do oblasti rozvoje nových studijních oborů zaměřených na interdisciplinární integraci a mezioborové zkušenosti. [20, 21, 22]

Poslední aktuální průzkum na připravenost českých podniků na novou průmyslovou revoluci byl proveden v roce 2019 Svazem průmyslu a dopravy ČR. Průzkumu se zúčastnilo celkem 105 respondentů různých průmyslových odvětví. Mezi respondenty byly zastoupeny malé, střední i velké podniky. Z uvedeného šetření jsou patrné změny v položených dotazech, které jsou způsobeny především vlivem vývoje dané problematiky v praxi. Základní poznatky z uvedeného šetření jsou shrnuty v Tabulce II.

TABULKA II. VÝSLEDKŮ PRŮZKUMU SVAZU PRŮMYSLU A DOPRAVY [23]

Období průzkumu	2019		
Počet zúčastněných a specifikace velikosti podniku	24 (malé)	31 (střední)	50 (velké)
Kolik podniků pracuje ve firemní strategii a investičních plánech s pojmem Průmysl 4.0?	74,3 %		
Kolik společností investuje do konceptu Průmyslu 4.0 z vlastního rozhodnutí?	65,7 %		
Kolik společností má definovanou digitální strategii firmy?	36,2 %		
Kolik podniků zřídilo speciální pozici manažera digitální transformace?	6,7 %		
Jaký hlavní strategický přínos očekávají podniky od digitální transformace?	Zlepšení tržní pozice ve vztahu ke konkurenci		
Z jakého důvodu firmy investují do prvků Průmyslu 4.0?	Kvůli zvýšení produktivity na zaměstnance a snížení jednotkových nákladů		
Kolik firem chce investovat do Průmyslu 4.0 v příštích pěti letech?	47,6 %		
Kolik firem připravuje koncepci vzdělávání zaměstnanců pro práci v digitálním prostředí?	20 %		
Kolik firem používá integrované algoritmicky řízené prostředí autonomně pracující s daty v reálném čase?	16,2 %		
Kolik firem má zřízenou „chytrou síť“ pro řízení všech energií na základě digitální modelu firmy?	2,9 %		
Kolik firem má komplexní bezpečnostní strategii, která umožňuje kdykoliv začlenit nové digitální technologie?	22,9 %		

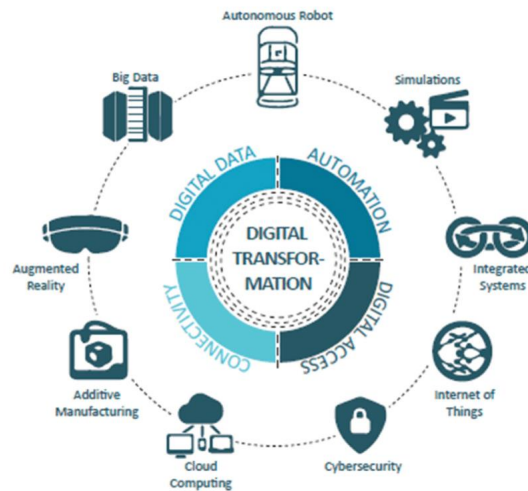
1.4 Inteligentní továrna (Smart Factory)

Základní vizí konceptu Průmysl 4.0 je vytvoření takzvané inteligentní továrny, jejíž název vychází z anglického označení Smart Factory. Inteligentní továrny budou využívat zcela nový přístup k výrobě. Tradiční automatizovaná výroba bude transformována na plně digitalizovaný integrovaný samořízený flexibilní výrobní systém. [24] Prostřednictvím autonomního kyberneticko-fyzického výrobního systému a Internetu věcí (IoT) budou jednotlivá zařízení schopna mezi sebou nejen komunikovat, ale i spolupracovat a rozhodovat o změnách ve výrobě. Uvedená bezdrátová komunikace mezi technologickými jednotkami bude probíhat na základě systémů IoT/M2M (machine-to-machine). Systémy M2M jsou používány pro monitorování, kontrolu nebo optimalizaci procesů. Jedná se o obousměrný přenos dat mezi zařízeními se stejnými možnostmi, který může probíhat kabelově i bezdrátově. [25]

V rámci inteligentní továrny budou vyráběny takzvané „inteligentní výrobky“, které se budou aktivně podílet na samotném procesu jejich výroby. Inteligentní výrobek bude označen speciálním čipem/štítkem s radiofrekvenční identifikací (dále RFID), ve kterém budou shromážděny veškeré informace a data o požadovaných parametrech a způsobu výroby. [26] Prostřednictvím čipu/štítku bude takový výrobek sám schopen řídit svůj tok výroby a znát nejen veškeré informace o aktuálním stavu, ale i svoji historii, která bude průběžně zaznamenávána po naskenování čipu/štítku. Takto propojený systém bude produkovat velké množství dat (Big Data), která budou následně shromažďována pomocí cyklu zpětné vazby a na jejímž základě budou aktualizovány virtuální modely reálných procesů. Virtuální modely procesů budou důležitým faktorem při optimalizaci reálných procesů, jelikož budou poskytovat simulace změn různých provozních parametrů ještě předtím, než budou zavedeny do skutečné výroby a umožní tak naleznout optimální řešení. [27] Kontinuální interakce bude probíhat nejen mezi zařízeními, ale i mezi zařízením a zaměstnancem. S tím souvisí i prediktivní údržba, jelikož stroj v takovéto továrně bude schopen sám ohlásit potřebnou údržbu dle zatížení výroby nebo i přesně identifikovat svoji případnou poruchu údržbáři. [28]

V inteligentním podniku nastanou změny nejen z hlediska komunikační infrastruktury, ale i celého hodnotového řetězce, jehož jednotlivé články nebudou pracovat izolovaně, ale budou propojeny a budou efektivně spolupracovat. Pro koncept Průmyslu 4.0 budou tedy charakteristické velmi úzké vazby mezi dodavateli, výrobcí i zákazníky. [29] Inteligentní továrna bude využívat devět technologií, které představují její základní pilíře – automatizace

a robotizace, simulace, systémová integrace, Internet věcí (IoT), kybernetická bezpečnost, cloud computing, aditivní výroba, rozšířená realita a analýza velkých dat (Big Data). [30]



3. Technologie používané v rámci konceptu Průmysl 4.0 [31]

1.4.1 Digitalizace

Aby byl podnik schopen implementovat koncept Průmysl 4.0, tak musí zajistit kompletní datovou integritu všech procesů. Digitalizace tak vytváří nejen nové příležitosti a hrozby pro podniky, ale je i podstatou inteligentních továren. Digitalizace napomáhá firmám možnostmi rychlejšího uvedení výrobku na trh, vyšší flexibilitou a vyšší kvalitou výrobků. Všechny tyto aspekty jsou nejen v současné době, ale i v budoucnu důležitou součástí konkurenceschopnosti dané společnosti. [32] Pojem digitalizace nepředstavuje pouze převedení papírových dokumentů do elektronické podoby nebo používání 3D CAD systémů, ale jedná se o propojení veškerých součástí od prvotního nápadu na nový produkt, přes stroje až po samotné výrobní procesy a tak vytváří kompletní virtuální obraz produktů i samotné výroby. [33] S pojmem digitalizace úzce souvisí pojem digitální dvojče, tedy digitální kopie skutečného produktu, zařízení nebo procesu. Pomocí digitálního dvojčete mohou společnosti různě experimentovat, sledovat, předvídat, simulovat a rozhodovat různé situace v provozu. Virtuální kopie zařízení totiž umožňuje nejen vývoj prototypu, ale i simulaci jeho funkčnosti a provozních parametrů, tedy i celý životní cyklus daného zařízení. Tak mohou společnosti vyladit veškeré detaily, ale i případné chyby zařízení bez rizika časové nebo finanční ztráty. [34] V současné době existují různá softwarová řešení, která umožňují vytváření uvedených digitálních dvojčat. Ministerstvo průmyslu a dopravy ČR v rámci akčního plánu uvedlo pět úrovní pro posuzování společností z hlediska digitalizace.

1. Společnost má zavedený informační systém pro řízení výroby, ale pasivní internetová přítomnost. Firma začíná uvažovat o digitalizaci procesů, ale nemá stanovenou digitální strategii.
2. Interaktivní webová přítomnost, firma je již softwarově řízená a začíná uvažovat o nastavení digitální strategie. Provádí dílčí automatizaci výroby.
3. Firma má definovanou digitální strategii, provádí projekty v oblasti integrace datové strategie. Má již integrovanou automatizaci řízenou v reálném čase a produkty s virtuální komponentou.
4. Integrovaná multikanálová přítomnost v digitálním světě, dále existuje personalizovaná digitální strategie. Datová architektura je integrovaná v celém produkčním řetězci od komunikace a sdílení dat se zákazníkem až po subdodavatele. Společnost využívá digitální diagnostiky pro předvídaní poruch a neshod v systémech.
5. Firma je digitalizační platformou propojující on-line a off-line svět v jeden plně integrovaný a ekonomicky výkonný celek. [35]

1.4.2 Automatizace a robotizace

V rámci konceptu Průmyslu 4.0 budou za účelem zvýšení produktivity práce do podniků implementováni autonomní roboti. Předpoklad je, že autonomní roboti budou pracovat samostatně, tedy nebudou muset být řízeni člověkem, ale daným výrobním programem. [36] V současné době jsou sice roboti ve výrobě využíváni, ale pouze na specifické úkony a bez možnosti autonomního rozhodování, tedy k jejich řízení je nezbytný zaměstnanec společnosti. V rámci inteligentních továren budou používáni autonomní roboti, kteří na rozdíl od současně používaných budou univerzálnější a inteligentní. [37]

Dále budou propojeni pomocí systémů IoT/M2M a kyberneticko-fyzického výrobního systému, který jim umožní komunikaci mezi sebou během výroby produktu a autonomně rozhodovat o změnách ve výrobním procesu nebo i předem předvídat na základě zatížení výroby pravidelnou údržbu, případně nahlášení jejich poruchy údržbáři. Autonomní roboti z hlediska financí představují pro podniky vysoké počáteční investice. Dále zavedení robotů bude mít za následek zvýšení požadavků na celou komunikační infrastrukturu podniku a vznik nových typů profesí. Jelikož pro zajištění flexibility výroby bude nutné, aby byly autonomní roboti univerzální a rychle přeprogramovatelní. [38] Vytvořením platformy pro sdílení robotů a prostředků pro jejich programování a vzdálené administrování by přispělo

k rozšíření robotizace. Společnost Epson vyvinula autonomní roboty se dvěma rameny, kteří dokážou vidět, vnímat, myslet a pracovat. Roboty stačí nastavit pro související pracovní náplň, pokud robot dostane příkaz ke složení dvou dílů, tak si nejprve pomocí kamer zachytí a vytvoří trojrozměrný snímek obou předmětů, dále na základě informací z kamer a snímačů „promyslí“ nejvhodnější pohyby a pomocí koncových efektorů přiměřenou silou provede dané úkony. [39] V současné době se již prodávají také autonomní roboti Omron LD používaní ve výrobě pro transport předmětů v rámci výrobních nebo skladovacích hal. Autonomní inteligentní vozidla umí pomocí zabudované mobilní robotické řídicí jednotky zcela sami navigovat podle přirozených prvků výrobního závodu, tedy není potřeba robotovi předem naprogramovat cesty. [40] Se zavedením autonomních robotů souvisí i nutnost aktualizace legislativy a stanovení nových norem na jejich používání, povinnou registraci pokročilých robotů nebo odpovědnost za škody způsobené roboty a umělou inteligencí.

1.4.3 Aditivní výroba

Aditivní výroba je velkou příležitostí pro firmy z hlediska zvýšení efektivity, zkrácení doby uvedení výrobku na trh, ale i snížení nákladů na materiál a výrobní prostředky. Příkladem aditivní výroby je 3D tisk, který digitální model prototypu vytvořený v CAD programu transformuje do hmotné podoby. [41] Zásadní pro vytvoření prototypu není jen tvar, ale i jeho technologické parametry, které musí být přizpůsobeny s ohledem na technologické možnosti dané 3D tiskárny. Během tohoto technologického procesu je materiál přidáván postupně, takže je možné poměrně přesně určit jeho potřebné množství a dále kolik výrobních prostředků je zapotřebí. V současné době lze pro 3D tisk použít různé typy materiálů jako kovy, plasty, ale i sklo, bio-inkoust nebo kostní materiál využívaný především pro lékařské účely. Další výhodou je, že tato technologie umožňuje vyrábět díly různých tvarů bez nutnosti rekonfigurace výrobního stroje nebo linky. Navíc vytvořený odpad je většinou recyklovatelný. Aditivní výroba je spíše vhodná pro prototypovou výrobu z důvodu pomalé rychlosti tisku. [42]

1.4.4 Rozšířená realita

Rozšířená realita, jinak označována zkratkou AR z anglického pojmu augmented reality, je technologie pro doplňování reálného obrazu o další digitální prvky jako třeba objekty, obrázky, videa nebo textové popisy. Tato technologie má velký potenciál a již v současnosti se využívá v různých oblastech od vzdělávání, přes marketing až po různé mobilní a počítačové hry a aplikace. [43] Z hlediska aplikace v konceptu Průmysl 4.0 bude rozšířená realita použita nejen pro zefektivnění a zpřesnění průmyslových procesů, které jsou závislé na lidském faktoru, ale i v rámci celého životního cyklu výrobku. V rámci průmyslových procesů se budou aplikace rozšířené reality používat pro skladové a logistické operace, servis zařízení nebo jako automatický překladač manuálů. Tato technologie se již běžně používá v mobilech, tabletech nebo v brýlích rozšířené reality, které například napomáhají lidem při řešení různých technických závad. Výhodou brýlí rozšířené reality je, že na rozdíl od mobilních aplikací má zaměstnanec během své činnosti volné ruce. V současné době je vývoj uvedené technologie zaměřen spíše na integraci informačních systémů, aby se maximalizoval tok informačních dat ze systémů k jednotlivým uživatelům. [44]

1.4.5 Internet věcí (IoT)

Internet věcí známý pod zkratkou IoT (Internet of Things) je dnes všeobecně používaný a rozšířený termín, který vyjadřuje propojení různých „věcí“ prostřednictvím Internetu. Toto propojení bude v rámci konceptu Průmyslu 4.0 tvořit základ komunikační infrastruktury inteligentní továrny, jelikož umožní nejen základní komunikaci a přenos dat, ale i nové možnosti připojení „věcí“ doposud nepřipojených, komunikaci zařízení mezi sebou nebo s člověkem a jejich integraci s chytrou elektronikou. [45] Získaná data mohou být dále smysluplně zpracována, vyhodnocena a použita v různých oblastech jako je například doprava, průmysl nebo zemědělství. Internet věcí tvoří tři základní prvky a to „věci“ (předměty, zařízení, stroje), komunikační sítě (LoRaWAN, 3G, LTE) a datová centra, která slouží jako úložiště a pro zpracování získaných dat ze zařízení. [46]

1.4.6 Analýza velkých dat (Big Data)

Jedná se o soubory dat, jejichž velikost přesahuje schopnosti zachycovat, spravovat a zpracovávat data běžně používanými softwarovými prostředky. Big Data představují pro společnosti velký potenciál z hlediska využitelnosti obsažených informací získaných ze senzorů výrobního procesu, z internetu, sociálních sítí nebo CRM systémů. Zpracovaná data mohou být dále využita pro optimalizaci výrobního procesu, služeb nebo podpůrných procesů. Tato oblast bude jednou z nejnáročnějších na lidské zdroje, jelikož bude potřeba zajistit dostatečné množství odborníků schopných analyzovat a využívat informace obsažené v těchto datech. [47] V rámci konceptu chytré továrny budou zapotřebí analýzy dat v reálném čase, z tohoto důvodu bude nezbytné stanovit spolehlivé metody strojového učení a rozpoznání pro automatickou analýzu dat a procesů. Dále bude zapotřebí zpracovávat a analyzovat data nacházející uplatnění zejména v oblastech chování zákazníků nebo jejich spokojenosti s výrobkem, která budou sloužit jako zpětná vazba pro firmu z hlediska vývoje nových výrobků a nastavení procesů. [48]

1.4.7 Kybernetická bezpečnost

Kybernetická bezpečnost (Cybersecurity) je relativně nový obor výpočetní techniky zaměřený na počítačovou a síťovou informační bezpečnost. Informační bezpečnost představuje systém opatření proti ztrátě důvěrnosti, dostupnosti a integrity dat. Ochrana dat a majetku před krádeží jiných uživatelů je nezbytná, jelikož data a majetek musí zůstat přístupné a produktivní pouze jejich předpokládaným vlastníkům. Zvýšila se i potřeba k zajištění informační bezpečnosti u institucí a firem, neboť potřebují chránit nejen svoje know-how, ale i osobní údaje o jejich partnerech, zákaznících anebo zaměstnancích. [49] Zavedením digitalizace a kyberneticko-fyzických systémů do firem se předpokládá nárůst kybernetických útoků zaměřených na narušení podnikové činnosti. Tyto útoky mohou být vedeny za účelem zisku, snížení konkurence nebo z politických či osobních důvodů. Kybernetická bezpečnost se tak pro společnosti stává hlavní prioritou. Společnosti budou potřebovat pro zajištění kybernetické bezpečnosti vysoce kvalifikované zaměstnance vystudované v daném oboru, kteří budou vytvářet týmy CERT (Computer Emergency Response Team) a CIRT (Computer Incident Response Team). Dále budou vytvářeny preventivní strategie pro zajištění nejen kybernetické bezpečnosti, ale i provozní spolehlivosti výroby. Již v současné době existuje řada bezpečnostních standardů a zákonů,

keré se zabývají danou problematikou, například ISO / IEC 27002. V České republice dokonce vznikl na základě zákona č. 205/2017 Sb. Národní úřad pro kybernetickou a informační bezpečnost (NÚKIB), který představuje správní orgán pro kybernetickou bezpečnost a jehož výkonnou sekci je Národní centrum kybernetické bezpečnosti (NCKB). Toto centrum zajišťuje především činnost Vládního CERT České republiky, prevenci před kybernetickými hrozbami a výzkum v oblasti kybernetické bezpečnosti. [50] Přestože lze očekávat, že se zavedením konceptu Průmyslu 4.0 bude z hlediska kybernetické bezpečnosti nutné ještě provést další legislativní opatření.

1.5 Strategie Evropské Unie

Koncept Průmyslu 4.0 a změny spojené s ním nejsou jediné, čemu budou muset podniky v příštích letech čelit, aby zůstaly na trhu. V roce 2019 Evropská komise představila obecné politické strategické cíle na období 2019-2024, tzv. šest priorit. Mezi tyto strategické cíle patří Zelená dohoda pro Evropu, Hospodářství ve prospěch lidí, Evropa připravena na digitální věk, Podpora evropského způsobu života, Silnější Evropa ve světě a Nový impuls pro evropskou demokracii. V minulém roce ještě navíc vznikl plán na podporu oživení Evropy, který má napomoci zlepšit krizovou situaci hospodářství způsobenou koronavirovou pandemií. V rámci disertační práce bude představena pouze Zelená dohoda EU a strategie Evropa připravena na digitální věk.

1.5.1 Zelené dohoda EU

Celý svět se potýká s problémy, které jsou spojeny se změnami klimatu a zhoršováním životního prostředí, například znečišťování ovzduší nebo degradace půdy. Tyto problémy vznikly v důsledku toho, jakým způsobem všechny státy po celém světě hospodařily a jak se ukázalo, tento stav hospodaření není dlouhodobě udržitelný. Z tohoto důvodu vznikla Zelená dohoda pro Evropu, jejíž hlavním cílem je stát se klimaticky neutrálním kontinentem a podpořit nejen účinné využívání zdrojů naší planety, ale i snížit znečištění. Tato dohoda představuje soubor opatření, díky kterým by mělo být dosaženo přechodu na udržitelnější a ekologičtější hospodářství – investice do technologií šetrných k životnímu prostředí, podpora průmyslu ve vývoji inovací, zavádění čistší, levnější a zdravější formy soukromé a veřejné dopravy, dekarbonizace odvětví energetiky, zajištění vyšší energetické účinnosti budova spolupráce s mezinárodními partnery na zlepšení celosvětových norem v oblasti

životního prostředí. [51] S udržitelností ovšem úzce souvisí i oběhové hospodářství, proto je důležité zapojení i jednotlivých podniků z různých sektorů odvětví. Podniky si musí uvědomit, že je potřeba přizpůsobit svoji výrobu od počátečního návrhu výrobku, a to nejen z hlediska spotřeby energie a účinném využívání zdrojů (zamezení plýtvání), ale i použitím recyklovatelných materiálů a zvýšením životnosti produktu. V současné době životnost mnohých produktů není příliš dlouhá. Zákazník má sice možnost se ve většině případů obrátit na podnik ohledně opravy produkty, ale ta nemusí být vždy možná nebo může být pro zákazníka i finančně velmi nevýhodná a danému zákazníkovi se spíše vyplatí koupě nového výrobku. Dále většina podniků sice nabízí možnost opravy produktu, ale již nenabízí z různých důvodů možnost zpětného odběru a likvidace svých produktů, jak i vyplývá z provedené analýzy v rámci praktické části disertační práce. Proto by výrobky měly být vyráběny tak, aby byly v souladu se současnými právními předpisy a zároveň budoucími zásadami udržitelnosti – zvýšení životnosti a opětovné použitelnosti výrobků, použití vyššího obsahu recyklovatelných materiálů, umožnění recyklace, snížení uhlíkových emisí a zapojení technologie digitalizace nejen ve vztahu návrhu produktu, ale i z hlediska informací o výrobcích (tzv. zavedení digitálních pasů). Všechny tyto zásady udržitelnosti by měly být přesně ustanoveny v rámci nové legislativní iniciativy EU. Nová legislativní iniciativa by se měla zaměřit především na skupiny výrobků jako je elektronika, informační a komunikační technologie, obaly, plasty, textilní výrobky, ale třeba i nábytek. Společnosti elektrotechnického zaměření již v minulosti musely přizpůsobit výrobu určitých produktů právním předpisům EU, které přispívají k řešení dané problematiky:

- WEEE (*The Waste Electrical and Electronic Equipment Directive*) přijata roku 2003
- RoHS (*Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment*) přijata roku 2011
- EuP (*Eco-Design Requirements for Energy Using Products*) přijata roku 2009

V současné době by se měly tyto společnosti soustředit na nově připravovanou iniciativu pro elektroniku v oběhovém hospodářství, ale současně i na Směrnici Evropského parlamentu a Rady 94/62/ES o obalech a obalových odpadech, která by měla být zrevidována, a stanovené požadavky na obalové materiály by měly být zpřísněny. Nová iniciativa by měla obsahovat regulační opatření podle směrnice o ekodesignu pro elektroniku, ale i informační a komunikační technologie. U zařízení jako jsou mobilní telefony, tablety, počítače, ale i tiskárny by se mělo již při návrhu těchto zařízení zohlednit

zvýšení životnosti, energetické účinnosti, opravitelnosti a možnosti recyklace. To se dotkne i pravidel pro omezení nebezpečných látek v elektrických a elektronických zařízeních, měly by být vypracovány nové pokyny, aby byly více v souladu se směrnicí ekodesignu. Navíc by se tato opatření měla týkat i nabíječek pro daná zařízení a mělo by dojít i k zavedení univerzální nabíječky. V rámci nové iniciativy bude řešena i problematika sběru a zpracování odpadu z těchto zařízení a měl by být dokonce zaveden i celoevropský vrátný systém pro zpětný odběr a odprodej starých mobilních telefonů a nabíječek. [52]

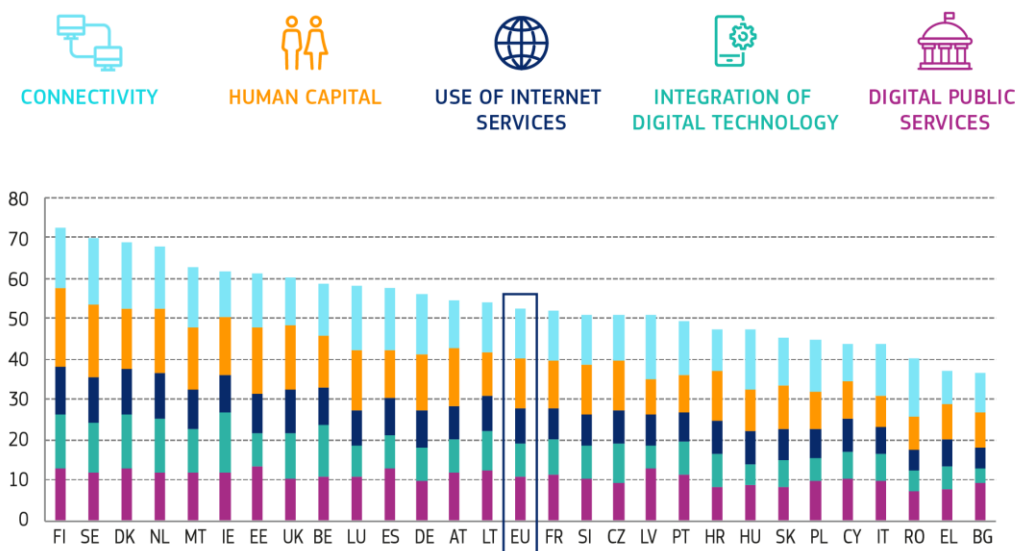
1.5.2 Evropa připravená na digitální věk

Jak již bylo naznačeno, důležitou součástí nejen konceptu Průmyslu 4.0, ale i strategických priorit EU bude digitalizace. V rámci EU vznikla nová digitální strategie nazvaná Evropa připravená na digitální věk, jejíž hlavním cílem je být digitálním leaderem pro udržení konkurenceschopnosti ve světě a zároveň podporovat cíl Zelené dohody, tedy stát se klimaticky neutrálním kontinentem. S tím souvisí i stanovené tři hlavní pilíře přístupu EU k digitální transformaci: technologie ve prospěch lidí, spravedlivá a konkurenceschopná digitální ekonomika a otevřená, demokratická a udržitelná společnost. Aby bylo dosaženo hlavního cíle, je důležité, aby digitální transformace přispěla nejen veřejnosti, ale i podnikům, které ji musí chápat jako prospěch, přijmout ji, zavést a používat. Z tohoto důvodu vznikla i vize, která se zaměřuje právě na řešení a podporu této problematiky. Tato vize by měla být realizována do roku 2030 a je zaměřena na čtyři základní směry – dovednosti (zvýšení základních digitálních dovedností u celé populace a rovnost žen a mužů, kteří jsou specialisté v oboru), digitální transformace podniků (zvýšení podílu společností využívajících digitalizace/cloudu/umělé inteligence, dosažení základní úrovně digitalizace u malých a středních podniků), zabezpečená a udržitelná digitální infrastruktura (zavedení sítě 5G, první počítač s kvantovým zrychlením) a digitalizace veřejných služeb (klíčové veřejné služby online, elektronické zdravotnictví a digitální identita). [53] Již v současné době je kvůli konkurenceschopnosti sledován vývoj digitalizace jednotlivých členských států EU pomocí indexu digitální ekonomiky a společnosti (DESI), který zahrnuje a hodnotí pět klíčových oblastí digitalizace:

- konektivitu
 - posuzuje se nasazení širokopásmové infrastruktury a její kvalitu
- lidský kapitál
 - hodnotí se míra digitálních dovedností lidí

- využití internetových služeb
 - měří míru využívání online aktivit (videa, hudba, hry, videohovory, online nakupování a bankovníctví)
- integrace digitální technologie
 - hodnotí míru implementace digitalizace v podnicích a elektronického obchodování
- digitalizace veřejných služeb
 - posuzuje digitalizaci veřejných služeb se zaměřením na eGovernment a eHealth

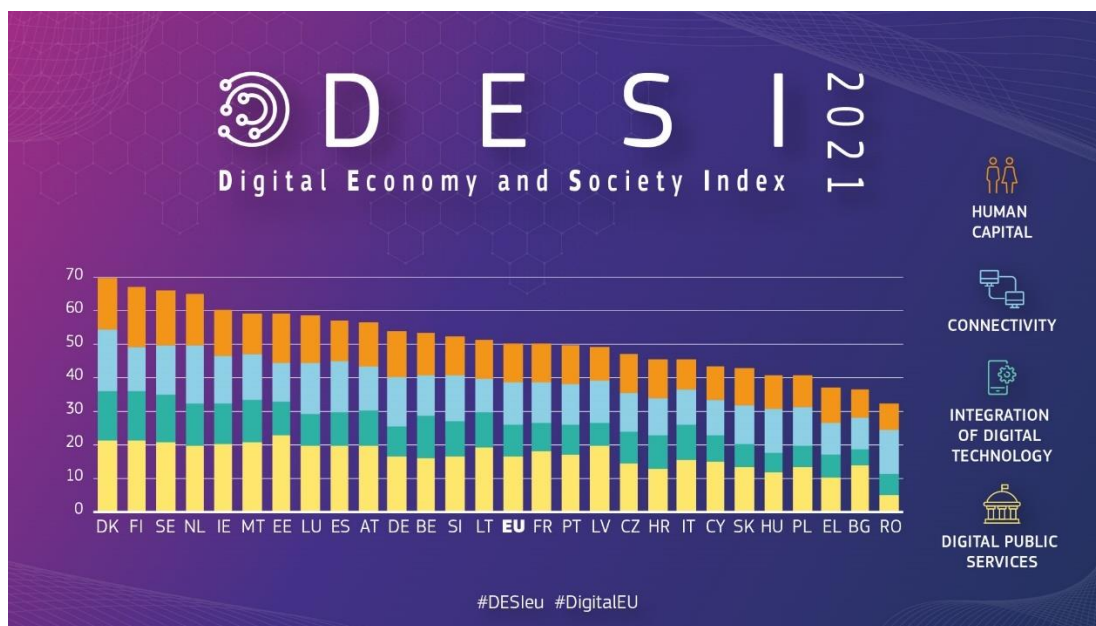
Pro srovnání jsou zobrazeny na následujících obrázcích výsledky měřeného indexu DESI za roky 2020 a 2021. Z výsledků lze říci, že Finsko, Švédsko, Dánsko a Nizozemsko zaznamenaly v DESI za rok 2020 i 2021 nejvyšší hodnocení oproti ostatním členským státům EU, to tedy znamená, že tyto uvedené státy mají nejvyspělejší digitální ekonomiku v EU. Česká republika oproti ostatním členským státům se umístila až za průměrem EU a to na 19. místě, toto hodnocení je dokonce horší než v roce 2020, kdy skončila na 18. místě.



4. Index DESI jednotlivých členských států v roce 2020 [54]

Toto zhoršení může být především způsobeno a ovlivněno současnou ekonomickou situací v České republice. V období koronavirové pandemie se totiž celkově zvýšila úroveň digitalizace ve všech oblastech a byly zaznamenány i mnohem vyšší nároky z hlediska

vzdělávání prostřednictvím digitálních a virtuálních technologií, s tím samozřejmě souvisí i zvýšení využití internetových služeb, ale zvýšila se i digitalizace veřejných služeb, a to i například v rámci e-Health (větší využití e-receptů, rezervace na testování). Naopak v současné době spíše dochází ke stagnaci digitalizace, která naopak nemusela nastat v ostatních státech.



5. Index DESI jednotlivých členských států v roce 2021 [55]

1.5.3 Shrnutí požadavků na podniky plynoucích z představených strategií a konceptu Průmyslu 4.0

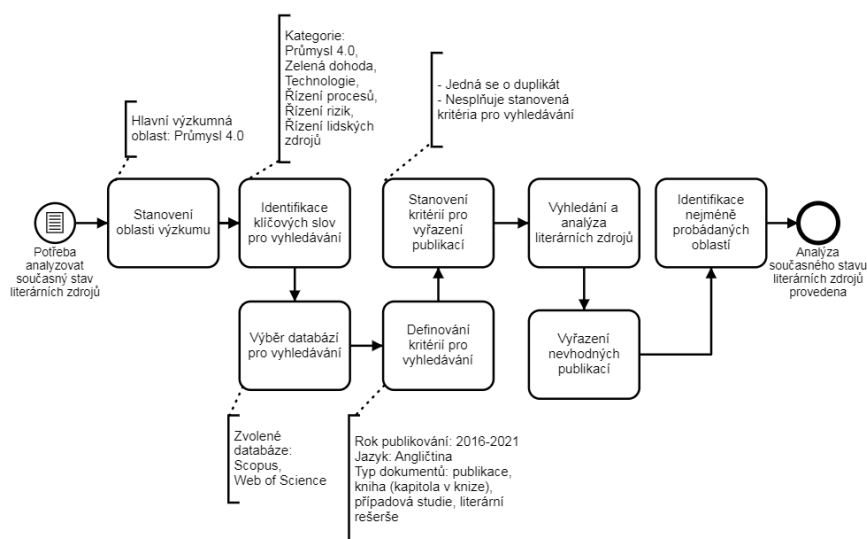
Ať už malé, střední nebo velké podniky v oblasti elektrotechnické výroby, ale i ostatních zaměření se budou muset připravit a přizpůsobit těmto podmínkám nejen svoji výrobu, ale i zaměstnance. Podniky by se tedy měly soustředit na implementaci nových technologií do výroby, ale zároveň poskytnout svým zaměstnancům i možnost přípravy formou školení a rozšiřování ať už digitálních nebo jiných dovedností, aby byli schopni na základě rozšířených znalostí a dovedností tyto technologie bez problému ovládat. Veškeré tyto podmínky a změny související s transformací podniků budou skutečnou výzvou za současných ekonomických a společenských podmínek. Avšak bude se jednat o nezbytné kroky, které budou muset společnosti vykonat, aby mohly zůstat na trhu a být konkurenceschopné. V tabulce I. byl pro jednodušší orientaci popsán přehled cílů vybraných strategií a požadavků, které z těchto strategií pro podniky vyplývají.

TABULKA III. SHRNUTÍ ZÁKLADNÍCH CÍLŮ A POŽADAVKŮ VYPLÝVAJÍCÍ Z
VYBRANÝCH STRATEGIÍ NA PODNIKY (VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ)

Koncept/Strategie	Hlavní cíl a vize	Požadavky na podniky
Průmysl 4.0	Transformace podniku na chytrou továrnu – pomocí samořízené výroby zvýšit efektivitu a produktivitu dané společnosti a tím zvýšit její konkurenceschopnost na trhu	Implementace nových technologií do výroby; Zvýšení kybernetické bezpečnosti a ochrany dat; Změny v podnikové struktuře; Větší nároky na kvalifikaci lidí a vznik nových pracovních pozic; Změny v řízení; Změny ve standardech a normách;
Zelená dohoda EU	Přechod na udržitelnější a ekologičtější hospodářství - stát se klimaticky neutrálním kontinentem a podpořit nejen účinné využívání zdrojů naší planety, ale i snížit znečištění	Výroba produktů na základě zásad udržitelnosti a ekodesignu: zvýšení životnosti a opětovné použitelnosti výrobků, použití vyššího obsahu recyklovatelných materiálů, umožnění recyklace, snížení uhlíkových emisí. Zapojení technologie digitalizace nejen ve vztahu návrhu produktu, ale i z hlediska informací o výrobku; Změny ve standardech a normách;
Digitální strategie	Stát se digitálním leaderem pro udržení konkurenceschopnosti a zároveň podporovat cíl Zelené dohody Tři hlavní pilíře: Technologie ve prospěch lidí, Spravedlivá a konkurenceschopná digitální ekonomika Otevřená, demokratická a udržitelná společnost	Implementace technologií (digitalizace/cloud/umělá inteligence/5G síť); Zvýšené požadavky na rozšiřování vzdělávání/dovedností zaměstnanců; Zvýšení kybernetické bezpečnosti; Změny ve standardech a normách a ochrany dat;

1.6 Analýza současných literárních zdrojů

Vyhledávání, posuzování a využívání informačních zdrojů tvoří nezbytnou součást každého výzkumu, protože na jejich základě jsou stanoveny výzkumné oblasti a výzkumné otázky. Proto je hlavním cílem uvedené kapitoly popsat provedené zhodnocení a zpracování přehledu o současném stavu literárních zdrojů, které se zabývají problematikou konceptu Průmyslu 4.0. V současné době existuje nezměrné množství dostupné literatury o daném tématu, jen v databázi Scopus je možné vyhledat pod klíčovým slovem Průmysl 4.0 přes 17000 publikací (od roku 2011) a neustále tento počet narůstá. Proto byl v rámci disertační práce pro analýzu současného stavu literatury použit následující postup, který je pro lepší představu zobrazen na obrázku VI.



6. Model popisující jednotlivé činnosti provedené v rámci analýzy literárních zdrojů

Jak je uvedeno v popsaném modelu hlavní výzkumnou oblastí je koncept Průmysl 4.0, ale pro celkovou analýzu byly zařazeny i další kategorie, které úzce souvisí s tímto tématem, jako Zelená dohoda EU, řízení procesů a rizik, technologie a řízení lidských zdrojů. V rámci těchto kategorií byla identifikována jednotlivá klíčová slova a následně byly stanoveny i citační databáze pro vyhledávání. Databáze zvolené pro analýzu v rámci této disertační práce byly Scopus a Web of Science, jelikož se jedná se o dvě nejvýznamnější citační databáze. Poté byla definována kritéria pro vyhledávání, jelikož je důležité, aby literární zdroje byly aktuální, tak byla provedena analýza za období posledních 5 let, tedy od roku 2017 do současnosti. Co se týče dokumentů, tak se jednalo převážně o anglicky psané

články, knihy, případové studie a literární rešerše. Avšak byla stanovena i kritéria pro vyřazení nevhodných publikací, tedy hlavně těch, které nesplňovaly definovaná kritéria nebo se duplicitně objevily, jak v citační databázi Scopus, tak i Web of Science. Poté byla provedena samotná analýza nalezených literárních zdrojů a na základě počtu publikací byly identifikovány nejméně probádané oblasti. Pro jednodušší orientaci byly jednotlivé oblasti barevně rozlišeny, červenou barvou byly označeny oblasti výzkumu, které v databázích obsahovaly počet publikací do 350, modrou barvou jsou vyznačeny oblasti, jejichž počet publikací alespoň v jedné z databází byl v rozmezí 350-500 a poslední oblasti označené černou barvou, obsahují více než 500 publikací na dané téma. Následující tabulka obsahuje pouze část zmíněného přehledu, celá tabulka je v disertační práci vložena jako příloha A.

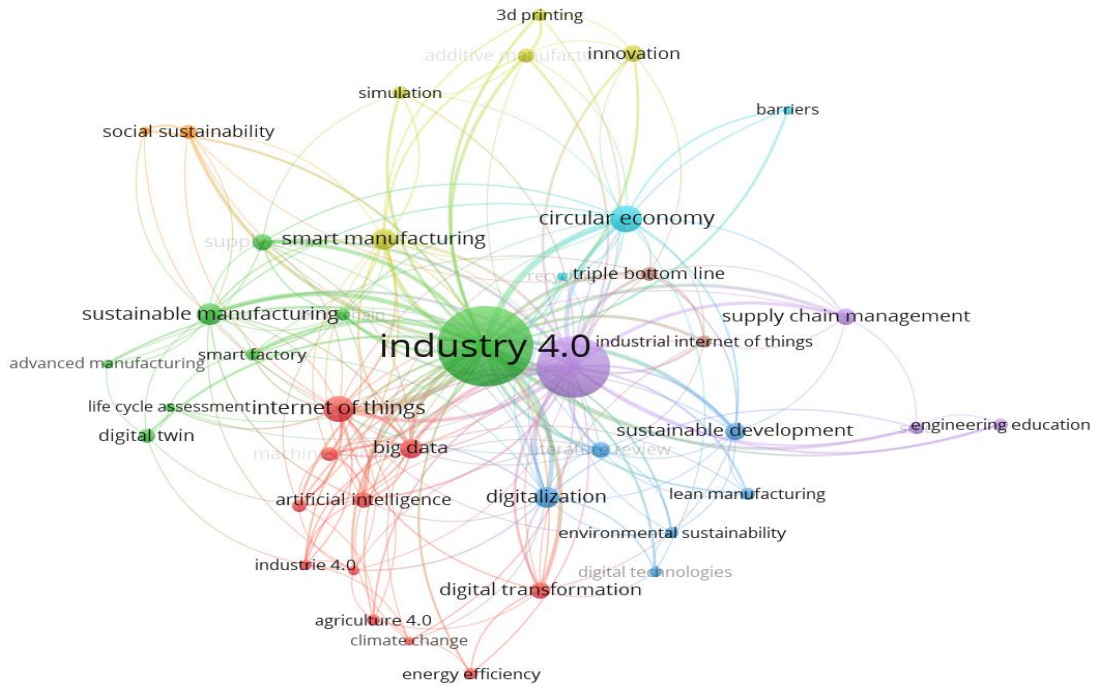
TABULKA IV. PŘEHLED SOUČASNÝCH LITERÁRNÍCH ZDROJŮ (VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ)

Název oblasti výzkumu	Klíčová slova	Počet publikací Scopus	Počet publikací Web of Science
Průmysl 4.0	Industry 4.0	21 730	20 736
Chytrá továrna	Smart factory	3 888	2 400
Udržitelná výroba 4.0 /Zelená dohoda EU	Industry 4.0; Green Deal; sustainable manufacturing;	172	192
Modely připravenosti	Industry 4.0; maturity or readiness model	231	271
Implementační plán Průmyslu 4.0 do podniku	Industry 4.0; Implementation plan	147	340
Standardy	Industry 4.0; standards	1628	1729
Řízení rizik	Industry 4.0; risk management	208	181
Procesní řízení	Industry 4.0; BPM;	70	37
Projektové řízení	Industry 4.0; Project Management	201	196
Organizační struktura	Industry 4.0; Organizational structure	63	24
Agilní řízení	Industry 4.0; Agile	384	248
Řízení lidských zdrojů a připravenost zaměstnanců	Industry 4.0; human resources; requirements; qualification; skills; readiness	440	314
Digitalizace	Industry 4.0; digitization	747	446

Na základě vytvořeného přehledu literárních zdrojů byly pro hlubší analýzu, stanovení cílů disertační práce a hypotéz zvoleny následující oblasti výzkumu – Zelená dohoda EU a udržitelná výroba šetrná k životnímu prostředí v rámci Průmyslu 4.0, modely připravenosti pro Průmysl 4.0, řízení rizik, řízení procesů, organizační struktura a požadavky na vzdělávání a kvalifikaci lidí (stanovení pracovních pozic). V rámci následujících podkapitol bude z vybraných literárních zdrojů představen současný stav vědeckého poznání těchto jednotlivých oblastí. Pro výběr vhodných literárních zdrojů byla nejprve vytvořena mapa pomocí nástroj Vosviewer, která slouží pro zřetelnější znázornění současně řešených témat v rámci dané oblasti. Dále byly vybrány publikace, které se přímo týkaly zvolených oblastí výzkumu. Z těchto publikací byla vždy pouze část vybrána pro zhodnocení současného stavu a to na základě seřazení dle období opublikování, impakt faktoru a počtu citací.

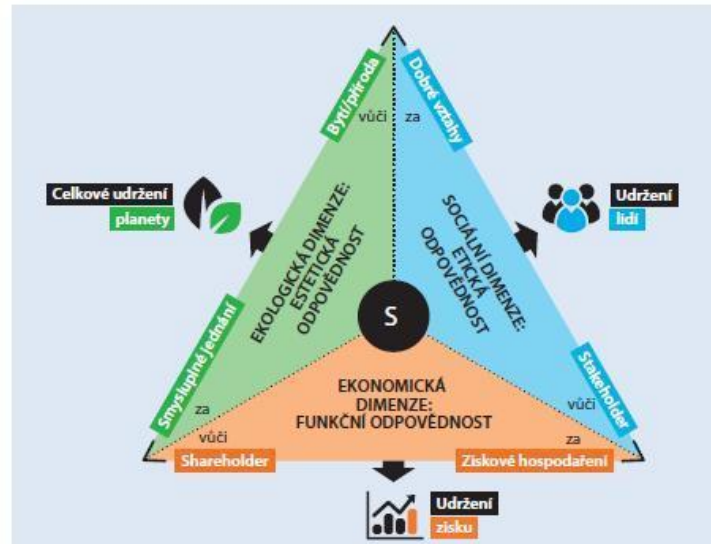
1.7 Zelená dohoda EU a udržitelná výroba šetrná k životnímu prostředí v rámci Průmyslu 4.0

V současné době podniky čelí novým výzvám, které souvisejí nejen s neustále se měnícími potřebami zákazníků, vývojem nových technologií vedoucích k nové průmyslové revoluci (konceptu Průmyslu 4.0), ale zároveň i požadavkům na udržitelnou a zároveň šetrnou výrobu k životnímu prostředí, které jsou definovány v rámci národních i mezinárodních předpisů (Agenda 2030 nebo Zelená dohoda EU). Ale aby byly podniky schopny splnit všechny tyto výzvy, musí nejen správně identifikovat potřeby svých zákazníků, ale zároveň pochopit všechny koncepty a jejich požadavky, které se jich budou v budoucnu týkat a přizpůsobit tomu svoji výrobu. Dle počtu publikací, které jsou věnovány právě udržitelnosti v rámci konceptu Průmyslu 4.0 lze usoudit, že si naše globální společnost je vědoma důležitosti dané problematiky. Na obrázku VI. je zobrazena vizualizace nalezených bibliografických dat daného okruhu pomocí nástroje Vosviewer. Na základě vytvořené mapy, lze určit hlavní řešené oblasti – obecné příležitosti a dopady Průmyslu 4.0 na udržitelnost a cirkulární ekonomiku včetně tvorby obecného rámce mezi jednotlivými koncepty, udržitelnost v rámci chytré výroby a možnosti využití a přispění jednotlivých technologií, udržitelnost v rámci životního cyklu výrobku, údržby a dodavatelsko-odběratelského řetězce a řešení udržitelnosti v oblasti energetické účinnosti. Tyto informace se shodují i s výsledky, které uvádějí autoři Krzysztof Ejsmont et al. [56], Carla Gonçalves Machado et al. [57] a Ana Teresa Tavares-Lehmann et al. [58] ve svých publikacích.



7. Vizualizace bibliografických dat oblasti Zelená dohoda EU a udržitelná výroba šetrná k životnímu prostředí v rámci Průmyslu 4.0 pomocí nástroje Vosviewer

Celý svět už delší dobu čelí problémům souvisejících se ztrátou biologické rozmanitosti, využíváním přírodních zdrojů a znečišťování, které vyústily až ke globální klimatické krizi. Z tohoto důvodu byl již v roce 1987 Světovou komisí pro životní prostředí a rozvoj definován pojem udržitelného rozvoje jako „rozvoj, který naplňuje potřeby přítomných generací, aniž by ohrozil schopnost budoucích generací naplňovat své potřeby“. Současně byly vymezeny tři základní pilíře udržitelného rozvoje – ekonomický, environmentální a sociální. [59] Později byl koncept udržitelného rozvoje převeden i do obchodního kontextu jako společenská odpovědnost firem (CSR), také označovaná jako trojí odpovědnost, která představuje dobrovolné zahrnutí sociálních a environmentálních aspektů do strategie firem. Základní pilíře trojí odpovědnosti jsou odvozeny ze základních pilířů udržitelného rozvoje a tvoří je zisk (ekonomický pilíř), lidé (sociální pilíř) a planeta (environmentální pilíř), jak je zobrazeno na obrázku VII. [60] Následně byla v roce 2015 na summitu OSN přijata členskými státy tzv. Agenda 2030, ve které je definováno celkem 17 společných cílů udržitelného rozvoje a 169 podcílů, kterých má být dosaženo do roku 2030. [61]



8. Základní pilíře společenské odpovědnosti firem [62]

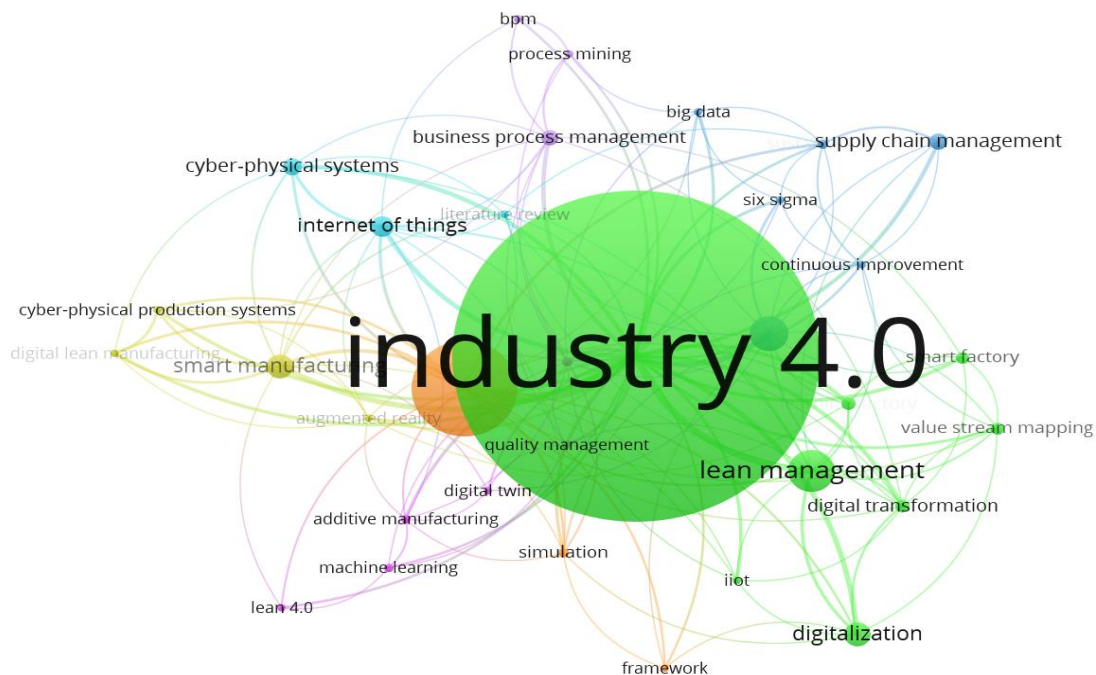
Ve stejném roce byla přijata smluvními stranami Rámcové úmluvy OSN takzvaná Pařížská dohoda, jejíž hlavním cílem je ochrana klimatu, aby nenarůstala průměrná globální teplota a dále snižování emisí skleníkových plynů. V roce 2019 Evropská komise představila Zelenou dohodu EU, která byla členskými státy přijata následujícího roku a jejíž hlavním cílem je stát se klimaticky neutrálním kontinentem do roku 2050. [63] Další důležitou součástí udržitelného rozvoje je koncept cirkulární ekonomiky zaměřené na zvyšování efektivity produkce s cílem zvýšit kvalitu nejen lidského života, ale zároveň životního prostředí. Avšak existuje mnoho dalších různých definicí tohoto konceptu, například autoři publikace [64] na základě několika vybraných definic stanovili cirkulární ekonomiku jako „regenerační systém, ve kterém jsou vstupy a odpady, emise a ztráty energie minimalizovány zpomalením, uzavřením a zúžením smyček zdrojů a energie. Toho lze dosáhnout dlouhodobým návrhem, údržbou, opravami, opětovným použitím, rekonstrukcí, renovací a recyklací.“. Dle autorů publikace [65] dříve podniky a jejich obchodní modely nebyly přizpůsobeny pro plné využití a zavedení konceptů udržitelného rozvoje a cirkulární ekonomiky, protože hlavní identifikovanou překážkou byl nedostatek pokročilých technologií, které by to umožňovaly. Naopak koncept Průmyslu 4.0 je nejen založen na využívání nových technologií, ale zároveň zvýšení schopnosti propojení mezi jednotlivými subjekty pro zajištění lepší spolupráce, která by měla vést k zvýšení efektivity, konkurenceschopnosti, ale i vytvoření nových obchodních modelů, které by již mohly plně podporovat řešení udržitelného rozvoje. Například ve své publikaci [66] autoři popisují možnosti integrace vybraných technologií konceptu Průmyslu 4.0 s postupy cirkulární

ekonomiky za účelem vytvoření obchodního modelu pro opětovné využívání a recyklování elektronického odpadu. Přístupy cirkulární ekonomiky založené na platformě Průmyslu 4.0 mají za cíl dosáhnout lepšího rozhodování, lepších nákladů a flexibility, ekologických návrhů, obchodní hodnoty, reverzní logistiky a prodloužení životnosti produktu, jak je uvedeno v publikaci. Autoři v publikaci [67] použili model ReSOLVE k vyhodnocení přínosu jednotlivých technologií konceptu Průmyslu 4.0 a na základě výsledků navrhli plán pro implementaci požadavků cirkulární ekonomiky prostřednictvím těchto technologií do podniku. Další autoři ve své publikaci [68] konstatovali na základě vlastního vytvořeného modelu ISM (Průmyslu 4.0 funguje pro udržitelnost), že koncept může pozitivně ovlivnit udržitelný rozvoj, jelikož průmyslová digitalizace a základní technologické trendy a principy designu přispívají k dosažení ekonomických, sociálních i environmentálních aspektů. Stejně tak autoři v publikaci [69] dokonce uvádějí, že udržitelnost tvoří jeden z pilířů inteligentní továrny a zdůrazňují, že používání jejích technologií přímo přispívá k podpoře udržitelného řešení. Dále je zde uvedeno, že v současné době je více řešena udržitelnost Průmyslu 4.0 z hlediska ekonomických a environmentálních aspektů, ale je nedostatek studií, které by se zabývaly sociální udržitelností. Ovšem s výrobou a používanými technologiemi úzce souvisí i různé přístupy řízení, jako je například štíhlá výroba. Z tohoto důvodu autoři v publikaci [70] popsali model pro implementaci štíhlé a zelené (L&G) strategie ve zpracovatelských odvětvích k řešení dynamických průmyslových problémů spojených s konceptem Průmyslu 4.0. Další autoři [71] navrhli rámec naopak pro použití filozofie Six sigma k dosažení udržitelných výrobních požadavků z pohledu Průmyslu 4.0 a jeho aktivátorů. Autoři publikace [72] uvedli, že pro dosažení vyšší úrovně udržitelnosti jsou důležité následující technologie (velká data, kyberfyzikální systémy, průmyslový internet věcí a inteligentní systémy) a zelené procesy (logistika, výroba a design produktů). Avšak udržitelnost nesouvisí pouze s výrobou, ale s celým životním cyklem výrobku. Z tohoto důvodu se autor publikace [73] zaměřil na přezkoumání používaných nástrojů pro jednotlivé fáze životního cyklu produktu s cílem zjistit, jak lze do životního cyklu začlenit absolutní požadavky na udržitelnost životního prostředí. Autoři zmíněných publikací vnímali implementaci konceptu Průmyslu 4.0 jako přínos z hlediska udržitelnosti. Naopak autor v publikaci [74] uvádí, že samotný koncept Průmyslu 4.0 vyžaduje vysokou spotřebu energie, zdrojů, surovin a informací, které jsou z hlediska životního prostředí neudržitelné navzdory mnoha jiným výhodám. Z tohoto důvodu autor teoreticky zhodnotil výhody a nevýhody konceptu Průmyslu 4.0 pro jednotlivé scénáře – implementační, provozní, v souladu s cíli udržitelného rozvoje a dlouhodobý scénář. Z výsledků vyplývá, že největší negativní dopad

na životní prostředí má fáze samotné implementace konceptu, který vyžaduje nákup nového vybavení a tím i nárůst energie a odpadu. Autor uvádí, že pro zamezení negativnímu dopadu je nutné již při implementaci konceptu brát v úvahu cíle udržitelného rozvoje.

1.8 Dopady implementace konceptu Průmyslu 4.0 na řízení technologických procesů

Procesní řízení jinak označováno jako Business Process Management (BPM) představuje soubor činností týkajících se plánování a sledování výrobních procesů nebo služeb. V současné době je to jeden z nejrozšířenějších způsobů řízení organizace. Základem procesního řízení je přesné definování procesů organizace, avšak nesprávné pochopení dané filozofie nebo špatné nastavení procesů může vést i k nemalým finančním ztrátám. Tato kapitola je zaměřena na základní charakteristiku výrobního procesu a jeho atributů a dále na zmapování současného stavu problematiky s ohledem na změny v jednotlivých procesních atributech, které mohou nastat v rámci implementace konceptu Průmyslu 4.0.



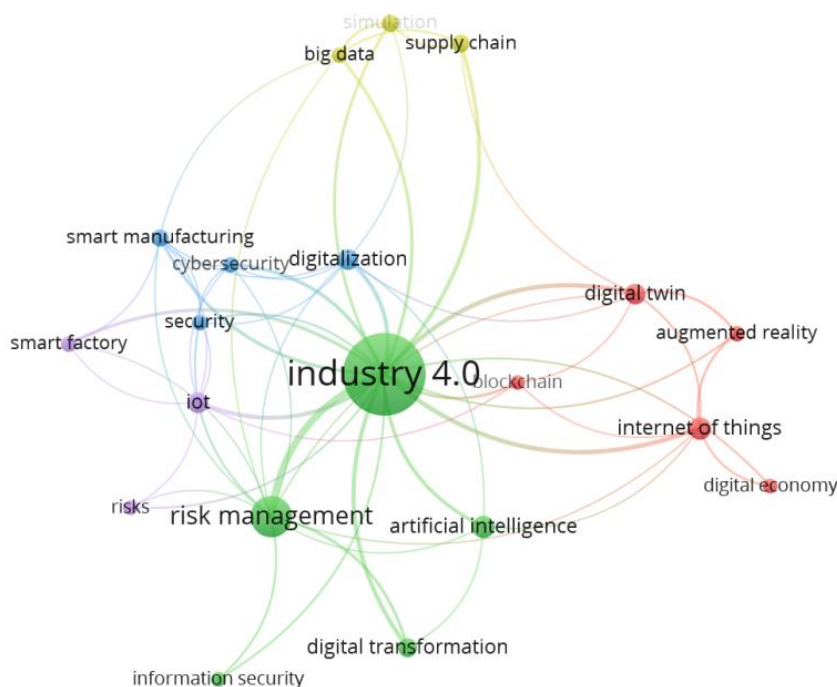
9. Vizualizace bibliografických dat oblasti procesní řízení a lean management v rámci Průmyslu 4.0 pomocí nástroje Vosviewer

Zavedení nových technologií jako IoT do výroby by mohlo přispět k rychlejšímu a snazšímu získávání dat o měření procesů. Americká společnost Electronic Controls Design Inc. (ECD) uvedla na trh stanici OvenSENTINEL™ pro průběžnou kontrolu procesu přetavení s cílem zajistit vynikající kvalitu výsledného produktu. Zařízení je připraveno pro

Průmysl 4.0, jelikož ho lze začlenit do IoT. [75] Společnost BD SENSORS v rámci projektu DataFly vyvinula průmyslové snímače, které mohou měřit tlak, teplotu, vlhkost a vysílají data pomocí IoT technologie. [76] Společnost Omron nabízí nové IoT průtokové (E8FC) a tlakové (E8PC) senzory pro kontrolu průmyslových procesů. [77]

1.9 Řízení rizik

S řízením výrobních procesů neodmyslitelně souvisí i řízení rizik, která mohou během výroby nastat. Obecně je řízení rizik oblast, která se zaměřuje na identifikaci, analýzu a následné zavedení opatření pro snížení daného rizika pomocí různých metod. Rizika lze definovat jako veličinu tvořenou kombinací nebezpečných následků a pravděpodobnosti výskytu nebezpečného jevu. Rizika tedy představují potenciální problémy, které mohou nastat u daného zařízení nebo procesu. Z tohoto důvodu je důležité předem tyto potencionální problémy identifikovat a stanovit pro ně případná preventivní opatření, aby se zabránilo jejich dalšímu vzniku. [78] V současné době existují různé metody pro analýzu a hodnocení rizik, například analýza příčin a důsledků tzv. FMEA (Failure Mode and Effects Analysis). Tato metoda se především používá v různých fázích návrhu výrobku nebo procesu jako nástroj pro identifikaci a následné odstranění možných závad a chyb. [79]



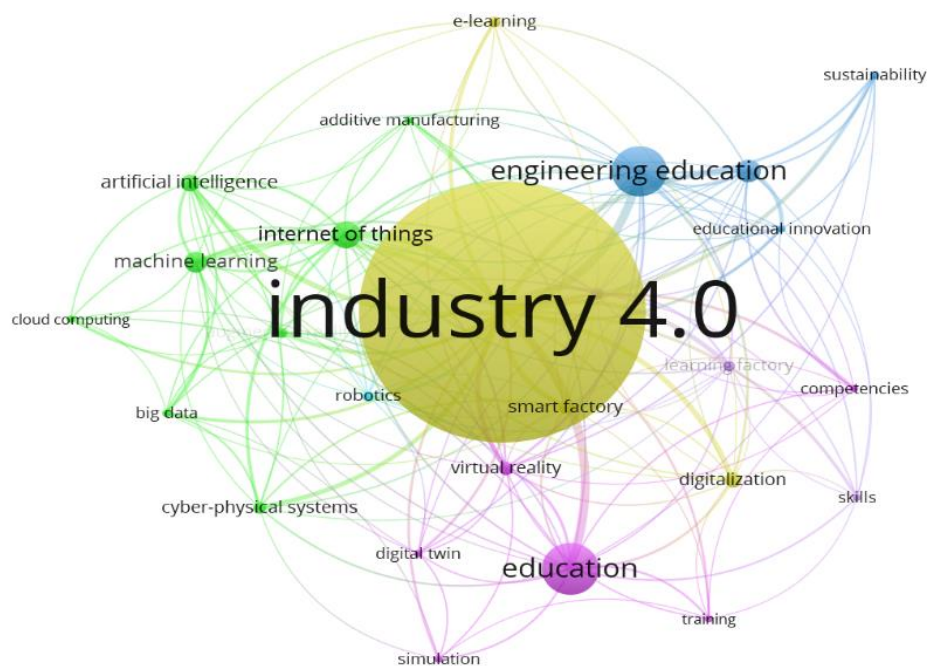
10. Vizualizace bibliografických dat oblasti řízení rizik pomocí nástroje Vosviewer

Očekává se, že se zavedením konceptu Průmyslu 4.0 do podniků vzniknou zcela nová rizika, především v oblasti implementace samotného konceptu a dále kybernetického zabezpečení. Autoři ve své publikaci [80] na základě rešeršní činnosti identifikují hlavní rizika implementace konceptu Průmyslu 4.0. Celkem autoři identifikovali patnáct rizik. Dle autorů patří mezi největší rizika absence, neúplnost a nejednotnost standardů a norem, absence implementační strategie pro podniky, nedostatek kvalifikovaných pracovníků, nedostatečná zralost nových technologií a možné zcizení dat. V příspěvku [81] autoři nejprve identifikovali možná rizika související s konceptem Průmyslu 4.0 a dále navrhli nový rámec založený na principu Demingovo cyklu (PDCA cyklus) pro implementaci řízení rizik v rámci uvedeného konceptu. Autoři identifikovali následující rizika – ztráta dat, ztráta integrity a dostupných informací, chybné zpracování dat, zvýšení počtu kybernetických útoků, nedostatek kvalifikovaných pracovníků a problémy spojené s elektromagnetickou kompatibilitou a elektromagnetickými emisemi ovlivňujícími výrobní stroje. Autoři ve své publikaci [82] představují holistický rámec pro posuzování rizik založený na hodnocení dat v reálném čase. Kromě konceptuálního modelu je zde poskytnuta i technická koncepce, ve které jsou kombinovány metody pro hodnocení rizik s metrikami výkonnosti. V publikaci [83] autoři vytvořili centrální datový modul QDM (Quality Data Module), který slouží jako nástroj pro analýzu databází a rizik, jelikož analyzuje kritické procesy a kontroluje nebo zastavuje proces v případě selhání.

1.10 Řízení lidských zdrojů

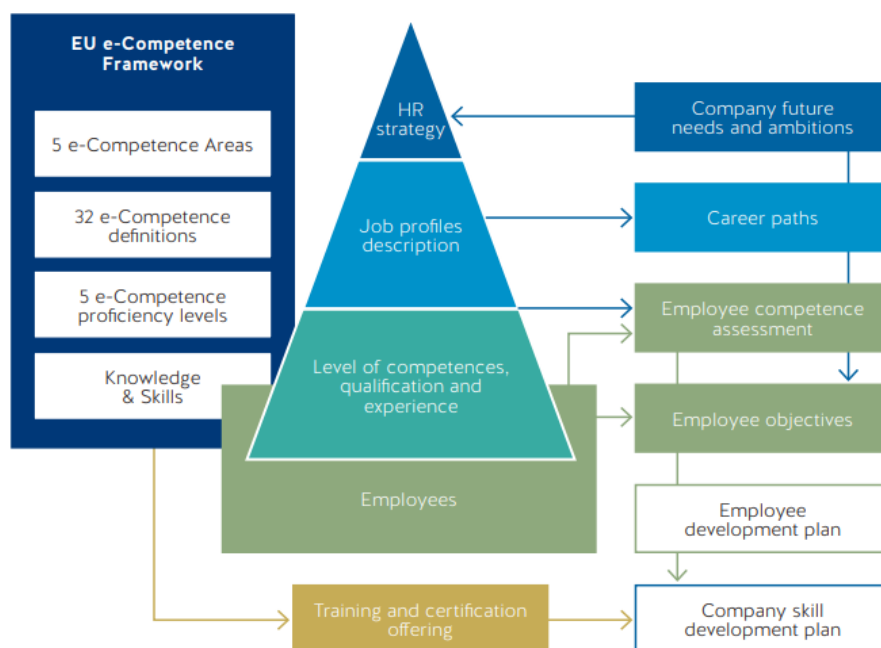
Řízení lidských zdrojů je důležitá a velká oblast procesů (řídících i podpůrných), bez kterých by organizace nemohla fungovat. Tyto procesy jsou zaměřeny nejen na samotné řízení lidských zdrojů, ale i jejich rozvoj. [84] Tato oblast bude implementací konceptu Průmyslu 4.0 silně ovlivněna a z tohoto důvodu existuje i velké množství publikací, které jsou jí věnovány. Proto pro snadnější představu o současném vědeckém stavu, byla nejprve na základě nalezených bibliografických dat pomocí nástroje Vosviewer vytvořena mapa, která slouží k snadnější a rychlejší identifikaci hlavních řešených témat daného okruhu a je zobrazena na následujícím obrázku. Z vizualizace lze říci, že hlavní řešená témata jsou vzdělávání (někdy označováno také jako vzdělávání 4.0), školení a rekvalifikace zaměstnanců, e-learning a výukové továrny (learning factory), možnosti využití jednotlivých technologií při vzdělávání a identifikace potřebných pracovních pozic a dovedností. Pro

úspěšnou implementaci a provoz chytré továrny budou klíčoví kvalifikovaní zaměstnanci s příslušnými znalostmi a kompetencemi, protože činnosti spojené s chytrou továrnou budou z technologického i organizačního hlediska stále složitější. Navíc zavedením nových technologií se změní nejen výrobní procesy a pracovní prostředí, ale některé pracovní pozice budou vyžadovat změnu náplně práce, některé zcela zaniknou, a naopak vzniknou nové. [85] Dopad na pracovní místa se také bude lišit v závislosti na velikosti společností, zatímco malé společnosti očekávají zachování zaměstnanosti, střední a obzvláště velké společnosti budou omezovat pracovní místa, zejména z řad pracovních profesí, bez vzdělání ve studijním oboru. [86]



11. Vizualizace bibliografických dat oblasti Průmysl 4.0, vzdělávání 4.0 a řízení lidských zdrojů pomocí nástroje Vosviewer

Na zaměstnance bude tedy kladen větší nárok z hlediska technických znalostí, kvalifikací a digitálních dovedností, aby byli schopni tyto technologie řídit a ovládat. S tím souvisí i tzv. kompetenční modely, které slouží pro definování potřebného souboru znalostí, dovedností, schopností a dalších charakteristik, které jsou potřebné pro efektivní výkon v zaměstnání. Například existuje kompetiční model O*NET, který poskytuje přehled a popis znalostí, dovedností, jakož i úkolů, nástrojů a technologií, které jsou požadovány pro různá povolání v rámci USA. [87]



12. Způsob řízení e-kompetencí v rámci organizace [88]

V rámci Evropy dokonce vznikla evropská norma (EN) 16234-1 zvaná Evropský rámec pro e-kompetence, ve které je popsáno 41 kompetencí, které se používají na pracovišti informačních a komunikačních technologií (IKT) a jakým způsobem je řídit. [88] Světové ekonomické fórum ve své zprávě Future of Jobs Report 2018 dokonce uvedlo vývoj trendů z hlediska požadovaných dovedností mezi roky 2018 a 2022, viz následující obrázek.

2018	Trendy 2022	Poklesy 2022
Analytické myšlení a inovace	Analytické myšlení a inovace	Manuální zručnost, vytrvalost, preciznost
Komplexní řešení problémů	Aktivní učení a strategie učení	Paměť, slovní, sluchová a prostorová orientace
Kritické a analytické myšlení	Kreativita, originalita a iniciativa	Management financí, materiálních zdrojů
Aktivní učení a strategie učení	Design technologií a programování	Instalace a údržba technologií
Kreativita, originalita a iniciativa	Kritické a analytické myšlení	Čtení, psaní, matematika a aktivní naslouchání
Důraz na detail, důvěryhodnost	Komplexní řešení problémů	Personální řízení
Emoční inteligence	Řízení lidí (Vedení a sociální vliv)	Kontrola kvality a povědomí o bezpečnosti
Uvažování a nápaditost při řešení problémů	Emoční inteligence	Koordinace a time management
Řízení lidí (Vedení a sociální vliv)	Uvažování a nápaditost při řešení problémů	Komunikační a prezentační dovednosti
Koordinace a time management	Systémová analýza a evaluace	Využití technologie, monitorování a kontrola

13. Vývoj trendů z hlediska požadovaných dovedností (převzato z [89])

A dále definovalo deset nejdůležitějších obecných kompetencí pro pracovní trh v roce 2020 – komplexní řešení problémů, kritické myšlení, kreativita, řízení lidí, spolupráce a koordinace s ostatními, emoční inteligence, usuzování a rozhodování, orientace na služby, vyjednávání a kognitivní flexibilita. [90] V říjnu 2020 byla uveřejněna nejnovější zpráva The Future of Jobs Report 2020, ve které je uvedeno nejdůležitějších 15 dovedností pro rok 2025 - analytické myšlení a inovace, aktivní učení a strategie učení, komplexní řešení problémů, kritické myšlení a analýza, kreativita, originalita a iniciativa, vedení a sociální vliv, využití, monitorování a řízení technologie, návrh technologie a programování, odolnost, tolerance vůči stresu a flexibilita, odůvodnění, řešení problémů a myšlenky, emoční inteligence, odstraňování problémů a uživatelská zkušenost, orientace na službu, analýza a hodnocení systémů, přesvědčování a vyjednávání. Ze srovnání požadovaných kompetencí stanovených pro rok 2020 a 2025 lze zjistit, že přibyly dovednosti jako odolnost, tolerance vůči stresu a flexibilita, to může být ovlivněno i současnou situací ohledně koronaviru.

Navíc je ve zprávě uvedeno srovnání pracovních rolí, po kterých roste, a naopak klesá poptávka, viz následující tabulka V. Výsledky tohoto průzkumu dokazují, že stále více roste poptávka o lidi především s technickým vzděláním a znalostmi. Navíc jsou poptávány především role, které přímo souvisejí s konceptem Průmyslu 4.0 jako jsou datoví analytici, specialisté na velká data, specialisté na digitální transformaci, specialisté na automatizaci procesů, specialisté na IoT a další. [91] Již v roce 2019 World Manufacturing Forum uvedlo ve své zprávě, že mezi současně rozvíjející se role související s konceptem Průmyslu 4.0 patří manažer digitalizace, LEAN 4.0 inženýr, vědec průmyslových velkých dat, expert na kolaborativní roboty, manažer integrace IT / OT, mentor přes digitalizaci. [92]

V roce 2020 byla vydána zpráva New jobs created by Industrial IoT, ve které jsou na základě analýzy současné literatury popsány nové nejčastěji uváděné pracovní pozice a požadované IT dovednosti v Průmyslu 4.0 - profesionálové v oblasti kybernetické bezpečnosti, datoví vědci, softwaroví inženýři, vývojáři aplikací, programátoři, architekti řešení IT / IoT. V rámci tohoto reportu byla popsána ještě pracovní role tzv. Counter Hacker, které si má společnost najmout jako své vlastní hackery proti cizím. Hlavní náplní práce těchto pracovníků by měla být analýza metody útočníka a snížení dopadů v rámci takového útoku. Z tohoto důvodu budou muset mít tito pracovníci velmi rozsáhlé znalosti v oblasti vývoje softwaru a počítačů. [93]

TABULKA V. SROVNÁNÍ POPTÁVKY PO PRACOVNÍCH ROLÍCH
(PŘELOŽENO Z [91])

Rostoucí poptávka	Klesající poptávka
Datoví analytici a vědci	Úředníci pro zadávání dat
Specialisté na AI a strojové učení	Administrativní a výkonní tajemníci
Specialisté na velká data	Účetní, účetní a mzdoví úředníci
Specialisté na digitální marketing a strategii	Účetní a auditoři
Specialisté na automatizaci procesů	Montážní a tovární dělníci
Profesionálové v oblasti rozvoje podnikání	Obchodní služby a správci
Specialisté na digitální transformaci	Informace o klientech a pracovníci zákaznických služeb
Analytici bezpečnosti informací	Generální a provozní manažeři
Vývojáři softwaru a aplikací	Opraváři mechaniky a strojů
Specialisté na IoT	Zaznamenávání materiálu a skladníci
Projektoví manažeři	Finanční analytici
Obchodní služby a správci	Úředníci poštovních služeb
Databázoví a síťoví profesionálové	Obchodní zástupce, velkoobchod a výroba, Tech. a Sci.Produkty
Inženýři v robotice	Manažeři vztahů
Strategičtí poradci	Bankovní pokladníci
Analytici managementu a organizace	Podomní prodej, novinky a pouliční prodejci
FinTech inženýři	Instalatéři a opraváři elektroniky a telekomunikací
Opraváři mechaniky a strojů	Specialisté na lidské zdroje
Specialisté na organizační rozvoj	Specialisté na školení a rozvoj
Specialisté na řízení rizik	Stavební dělníci

Ve stejném roce byla uveřejněna zpráva Future of Work in the Digital Economy – Developing Skills for Industry 4.0, ve které jsou shrnuty dopady pandemie koronaviru na digitální ekonomiku a analýza kritických dovedností potřebných k urychlení digitální transformace. Podle tohoto reportu budou inženýři hrát klíčovou roli při transformaci podniků na koncept Průmyslu 4.0. Stejně tak důležité budou další pracovní pozice zaměřené na návrh systémů (kyber-fyzického nebo IIoT), modelování a programování, analýza dat, strojové učení, průmyslová automatizace a robotika a kyberbezpečnost. [94] V roce 2021 vyšla publikace [95], ve které autor vytvořil na základě analýzy literárních zdrojů katalog

obsahující 100 identifikovaných pracovních pozic, které by mohly být využity v rámci továren budoucnosti. Avšak se vznikem nových pracovních náplní a rolí musí být rozšiřovány i dovednosti a znalosti lidí, proto je pro společnosti důležitá i znalost úrovně připravenosti jejich zaměstnanců. Autoři publikace [96] navrhli pětidimenzionální model připravenosti pracovníků pro průmysl 4.0. Těchto pět dimenzí je rozděleno na technické dovednosti, flexibilita, zprostředkovatel, mezilidské, inovace. Pro každou z těchto dimenzí je stanoven tzv. subfaktor, který představuje určitou oblast, které má být zkoumána. Například dimenze technické dovednosti obsahuje tři subfaktory - základní digitální dovednosti, pokročilé IT dovednosti, orientace a intrapersonální dovednosti. Bohužel v příspěvku není uvedeno, jakým způsobem mají být jednotlivé faktory vyhodnocovány a především, jak má být na základě modelu stanovena připravenost zaměstnance.

Dále autoři publikace [97] se přímo zaměřily na průzkum připravenosti lidských zdrojů v rámci celé České republiky. Na základě dat EUROSTATU, MŠMT, OECD, ISCED, ČSÚ a WEF, stanovili 12 indikátorů a provedli porovnání oproti jiným státům EU. Z výsledků vyplývá, že z hlediska zaměstnanosti v high-tech a medium-high-tech oblastech je Česká republika jedním z lídrů v EU. Navíc počet absolventů technických oborů je již stejně vysoký jako u ostatních států EU a tito studenti mají velký potenciál v základních počítačových dovednostech. Vzdělávání a školení zaměstnanců bude hrát klíčovou roli v připravenosti podniku na koncept Průmyslu 4.0. Z tohoto důvodu například německá společnost Festo Didactic přímo nabízí vzdělávací programy zaměřené na školení o konceptu Průmyslu 4.0. Mezi tyto programy patří kyberfyzická továrna (platforma pro výzkum a učení, která demonstruje produkci lokálně řízenou inteligentní sítí) nebo učební systém I4.0 (projektová pracovní stanice I4.0). [98]

V současné době již mnoho českých univerzit nabízí budoucím studentům studijní programy, které jsou přímo specializovány pro daný koncept a jeho technologie. Avšak z hlediska vzdělávání zaměstnanců ve firmách existují různé možnosti, ať už výukové továrny tzv. learning factory nebo použití různých technologií ve výrobě pro školení zaměstnanců jako například brýle rozšířené reality. [99] Learning factory představuje realistické prostředí výrobních systémů s využitím jejich technického vybavení přeneseného do virtuálního prostředí, ve kterém si studenti nebo zaměstnanci mohou vyzkoušet řešení různých situací včetně testování optimalizací procesů v rámci provozu inteligentní továrny. Výukové továrny mohou být využity nejen v rámci školení zaměstnanců, ale mohou být zakomponovány i do výuky jednotlivých studijních programů vysokých škol. [100]

1.11 Zralostní modely a modely připravenosti na Průmysl 4.0

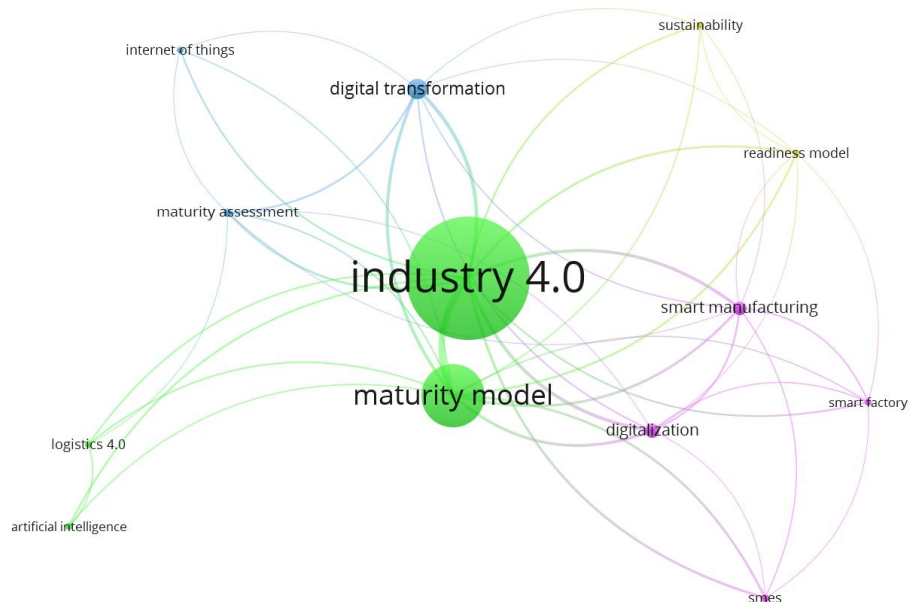
Zralostní modely označovány také jako modely připravenosti jsou používány pro zhodnocení úrovně vyspělosti/zralosti určitých procesů v rámci organizace. Jedním z nejnámějších modelů zralosti je model CMM (Capability Maturity Model), který se používá jako nástroj pro zpětnou vazbu při řízení procesů a později z něj byl vyvinut model CMMI (Capability Maturity Model Integration). [101] CMM model obsahuje škálu od 0 do 5, pomocí které se hodnotí zralost podnikových procesů. V každé škále jsou definovány vlastnosti, které musí být v rámci daného procesu splněny:

- 0 - Neexistující řízení: Procesy a jejich řízení je zcela chaotické
- 1 - Počáteční (Initial): Procesy jsou realizovány adhoc
- 2 - Opakované (Repeatable): Dodržuje se určitá kázeň nezbytná pro provádění základních opakovaných procesů
- 3 - Definovaná (Defined): Procesy organizace jsou zdokumentovány
- 4 - Řízená (Managed): Procesy jsou řízeny a provádí se měření jejich výkonnosti pomocí KPI
- 5 - Optimalizovaná (Optimized): Procesy jsou trvale zlepšovány, existuje inovační cyklus na procesech a řízení [102]

Modely připravenosti zaměřené na digitální transformaci a koncept Průmyslu 4.0 lze definovat jako modely, které slouží k identifikaci a zhodnocení připravenosti podniků na různé oblasti těchto konceptů a v některých případech i stanovit možný potenciál pro zlepšení současného stavu podniku, aby byla dosažena vize konceptu. Tyto modely většinou i vychází z podobných principů, které jsou založeny právě na modelu CMMI v rámci, něhož je definováno pět úrovní zralosti, dle kterých může firma rozvíjet a zlepšovat kvalitu svých procesů. Většina zmíněných modelů má stanovený určitý počet dimenzí, tedy oblastí hodnocení, avšak některé modely obsahují i takzvané subdimenze, které dále definují dílčí oblasti dané dimenze. V modelech jsou dále většinou definovány úrovně, které popisují a shrnují určitou charakteristiku požadavků a vlastností, které musí být naplněny, aby byla daná úroveň dosažena. Názvy, charakteristiky i počty dimenzí a úrovní se u jednotlivých modelů zralosti/připravenosti liší, to je způsobeno rozlišným přístupem a pohledem autorů na danou problematiku. [103] Obecně lze dělit modely zralosti/připravenosti dle srovnávacího hlediska na komparativní/nekompárativní a dále z hlediska prostředí na makro

a mikro úroveň. Na rozdíl od nekomparativních modelů, tak v rámci komparativních může být provedeno porovnání na makro úrovni (na úrovni států) nebo mikro úrovni (ve vztahu ke konkurenci podniku nebo ostatních subjektů trhu). Mezi nejznámější modely používané pro srovnání na makro úrovni patří GCI (Global Competitive Index), NRI (Networked Readiness Index) nebo již zmíněný DESI (The Digital Economy and Society Index). [104]

V rámci dané problematiky byla provedena analýza současného stavu dostupné literatury, která byla zaměřena především na vyhledávání, zda existují modely připravenosti/zralosti, které se zabývají současně hodnocením připravenosti podniků na koncept Průmyslu 4.0 a nových „zelených strategií“. Z tohoto důvodu byla nejprve na základě nalezených zdrojů vytvořena mapa bibliografických dat, a to pomocí nástroje Vosviewer, následně byla provedena podrobnější analýza vybraných publikací. Z vytvořené mapy lze zjistit, že většina publikací týkajících se zralostních modelů je zaměřena na téma – obecná připravenost podniků na digitalizaci nebo implementaci konceptu Průmyslu 4.0. Dále existují i modely, které hodnotí připravenost podnikových systémů, logistiku nebo internet věcí (IoT). Avšak dle mapy se téměř žádné publikace nezabývají problematikou hodnocení nejen připravenost podniku na digitální transformaci a koncept Průmyslu 4.0, ale i například Zelené dohody EU. Pro potvrzení nebo vyvrácení tohoto tvrzení byla provedena podrobnější analýza vybraných modelů, které bude dále popsána.



14. Vizualizace bibliografických dat oblasti zralostní modely a modely připravenosti v rámci Průmyslu 4.0 pomocí nástroje Vosviewer

Analýza současných literárních zdrojů byla provedena od roku 2011-2021, aby bylo nalezeno adekvátní množství modelů. Z nalezených modelů bylo na základě selekce z hlediska kvality a vhodnosti pro daný výzkum zvoleno pro další analýzu celkem 28 modelů zralosti/připravenosti, které se jsou zaměřené na hodnocení dané problematikou. U vybraných modelů byly následně zkoumány tyto parametry – název modelu zralosti / připravenosti, rok vydání, dimenze, úrovně a jejich vyhodnocení z hlediska zahrnutí požadavků „zelených strategií“. V následující tabulce je popsána pouze část zjištěných výsledků, celá tabulka se všemi analyzovanými modely je uvedena v příloze B.

TABULKA VI. ANALÝZA ZRALOSTNÍCH MODELŮ PRO ZHODNOCENÍ PŘIPRAVENOSTI PODNIKU NA PRŮMYSL 4.0

Název	Rok/Autor	Počet dimenzí	Počet úrovní	Hodnocení „zelených“ požadavků
Manufacturing Readiness Index [105]	2011/Jung et al	4	6	Ne
RAMI 4.0 (Reference architecture model for Industry 4.0) [106]	2015/BITKOM, ZVEI a VDMA	6	7	Ne
IMPULS [107]	2015/Lichtblau et al.	6	6	Ne
SIMMI 4.0 [108]	2016/C. Leyh	4	5	Ne
The Connected Enterprise Maturity Model [109]	2016/Rockwell Automation	4	5	Ne

Výsledky analýzy dokazují, že většina modelů je skutečně zaměřena pouze na hodnocení připravenosti konceptu Průmyslu 4.0, avšak pouze pár z nalezených modelů se zabývá nejen problematikou implementace konceptu Průmyslu 4.0, ale i „zelenými strategiemi“ jako je například Zelená dohoda EU. Na základě nalezených dat bylo dále zjištěno, že nejčastěji používané dimenze a subdimenze jsou zaměřeny na hodnocení následujících oblastí – data, informační technologie (IT), produkty a technologie, organizace, zákazníci, strategie, vedení a propojení. Z hlediska počtu rozměrů a úrovní vyplývá, že nejčastěji používaných model je s počtem 5 dimenzí a 5 úrovní. To může být způsobeno i tím, že nízký počet dimenzí a úrovní nemusí mít dostatečnou vypovídací hodnotu, a naopak se zvyšujícím se počtem se může model stát zbytečně složitý.

2 Cíle disertační práce

Z výsledků provedené rešerše v oblasti problematiky konceptu Průmysl 4.0 a digitální transformace vyplývá, se jedná o aktuální, rozsáhlé a významné téma současné doby, které se prolíná do všech oblastí vědních disciplín a je vhodné se zabývat otázkami, které se týkají nejen připravenosti elektrotechnických podniků na uvedenou změnu, ale i na identifikaci rizik spojených s touto transformací a dále na stanovení nezbytných pracovních rolí. Tato čtvrtá průmyslová revoluce totiž zásadně ovlivní nejen výrobní sektor a sektor služeb, ale také bude mít značný dopad na ekonomiku, trh práce a vzdělávání. Z tohoto důvodu je důležité, aby byly podniky na tuto změnu připraveny, pokud si chtějí i nadále na trhu udržet svoji konkurenceschopnost. Nová průmyslová revoluce a digitální transformace podnikům totiž nabízí možnost flexibilněji a rychleji reagovat na individuální požadavky zákazníků. Avšak zavedením nových technologií do podnikové struktury dojde k propojení jednotlivých zařízení do komplexního, flexibilního a samořízeného výrobního systému. Důležitým aspektem budou právě digitální modely těchto výrobních systémů, které budou přímo propojené s reálným výrobním procesem. Získaná data z reálného procesu budou použita na digitálních modelech pro simulaci provozních podmínek a následnou optimalizaci reálného výrobního procesu. Proto je nezbytné, aby podniky měly před implementací správně zmapované a popsané svoje podnikové procesy, k tomu právě přispívá procesní řízení.

V rámci analýzy současných literárních zdrojů bylo dále zjištěno, že přestože již existují různé studie zaměřené na koncept Průmyslu 4.0, tak se vždy zabývají pouze určitou oblastí tohoto konceptu, například popisují pouze model připravenosti pro zjištění současné úrovně nebo řízení lidských zdrojů a další, avšak chybí zde ucelená metodika, které by zahrnovala a posuzovala všechny tyto důležité oblasti. Navíc ve většině modelů připravenosti na koncept Průmyslu 4.0 nebo pouze digitální transformaci nejsou zohledněny požadavky Zelené dohody EU a u některých není ani zcela jasně popsáno, z čeho vyplývá autorův výběr jednotlivých dimenzí nebo zde chybí i samotný vzorec pro výpočet dosažené úrovně. Z tohoto důvodu je hlavním cílem disertační práce návrh metodiky pro posouzení připravenosti podniku na digitální transformaci se zaměřením na elektrotechnické podniky, která bude vycházet z procesního řízení a bude založena na několika dílčích částech. Pro získání potřebných dat byly použity základní metody výzkumu, expertní analýzy a dotazníkové šetření, které budou podrobněji popsány v následující kapitole.

Aby bylo možné zhodnotit připravenost podniku na digitální transformaci, tak je nezbytné nejprve provést vstupní analýzu, na základě, které bude stanovena současná úroveň

připravenosti podniku. Následně musí být provedeno porovnání a zhodnocení potřebných pracovních rolí a případných změn souvisejících s organizační strukturou, protože chytré továrny budou využívat zcela nový přístup k řízení výroby a organizaci práce. Předpokládá se, že aby byl zajištěn lepší informační tok, tak dojde k odbourání hierarchických stupňů, a naopak budou zaváděny dočasné paralelní struktury a projektové týmy. Tato transformace bude mít dopad i na podnikové procesy, a to především z hlediska jejich hierarchizace, proto budou dále identifikovány nové procesy a bude vytvořen model hlavní procesní mapy pro chytrou továrnu, na jejímž základě budou definovány změny oproti současnosti. Následně bude zpracován i přehled nejčastěji používaných optimalizačních metod v oblasti štihlé výroby a dále bude provedena jejich analýza. Výstupem této analýzy bude zhodnocení metod z hlediska možného použití pro řízení a optimalizaci procesů v rámci inteligentní továrny. Implementace nových technologií do podniků bude mít nejen vliv na procesní řízení, ale spolu přinese i nová rizika, především v oblasti kybernetické bezpečnosti. Z tohoto důvodu bude dalším dílčím cílem disertační práce identifikovat a vyhodnotit možná rizika, která mohou nastat zavedením nových technologií do výrobních procesů. S ohledem na nástup nové průmyslové revoluce bude také nutné aktualizovat současné standardy a normy, které přímo souvisejí s řízením podnikových procesů, životním cyklem výrobku a kybernetické bezpečnosti. Z tohoto důvodu bude zhodnocen i současný stav vybraných standardů a norem a dále stanovena úzká místa, která by bylo vhodné řešit z pohledu Průmyslu 4.0. Posledním cílem disertační práce bude na základě validace metodiky a zpracovaných výsledků definovat doporučení.

Rekapitulace cílů:

- Návrh metodiky pro posouzení digitální transformace podniku se zaměřením na elektrotechnické podniky. Navrhovaná metodika bude založena na:
 - Provedení vstupní analýzy pro zjištění současného stavu připravenosti podniku
 - Stanovení nezbytných pracovních rolí z hlediska chytré továrny, a to včetně jejich odpovědností, pravomocí a potřebných kvalifikací a dovedností
 - Identifikaci změn a stanovení základních procesů inteligentní továrny a následném vytvoření hlavní procesní mapy.
 - Identifikaci rizik spojených s digitální transformací podniku a jeho provozu.

- Zhodnocení současného stavu vybraných standardů a norem a stanovení úzkých míst, které by bylo vhodné řešit z pohledu Průmyslu 4.0.
- Na základě navržené metodiky provést ověření a ze zjištěných výsledků definovat doporučení.

Stanovené hypotézy:

- H1)** Vzhledem k současné situaci ovlivněné i pandemií Covid-19 se bude úroveň připravenosti elektrotechnických podniků nacházet mezi mírně a středně pokročilou.
- H2)** Elektrotechnické podniky, které se již zabývají implementací konceptu Průmyslu 4.0, tak budou mít stanovenou i strategii týkající se Zelené dohody EU, a to protože jsou na elektrotechnické podniky kladeny vysoké nároky ohledně kvality, spolehlivosti a bezpečnosti produktů.
- H3)** Elektrotechnické podniky, které se již zabývají implementací konceptu Průmyslu 4.0, budou mít již zavedenou pozici manažera digitalizace nebo oddělení na koncept Průmyslu 4.0.
- H4)** Implementací konceptu Průmyslu 4.0 a digitální transformací vzniknou nové nezbytné procesy, které ovlivní současnou hierarchizaci procesů.

3 Metody řešení disertační práce

V rámci dané kapitoly bude specifikován pojem výzkum a dále zde budou popsány jednotlivé druhy a metody výzkumu, které tvoří jeho nezbytnou součást a jsou důležité při zkoumání a řešení přírodních a sociálních jevů. A zároveň byly využity při zpracování disertační práce.

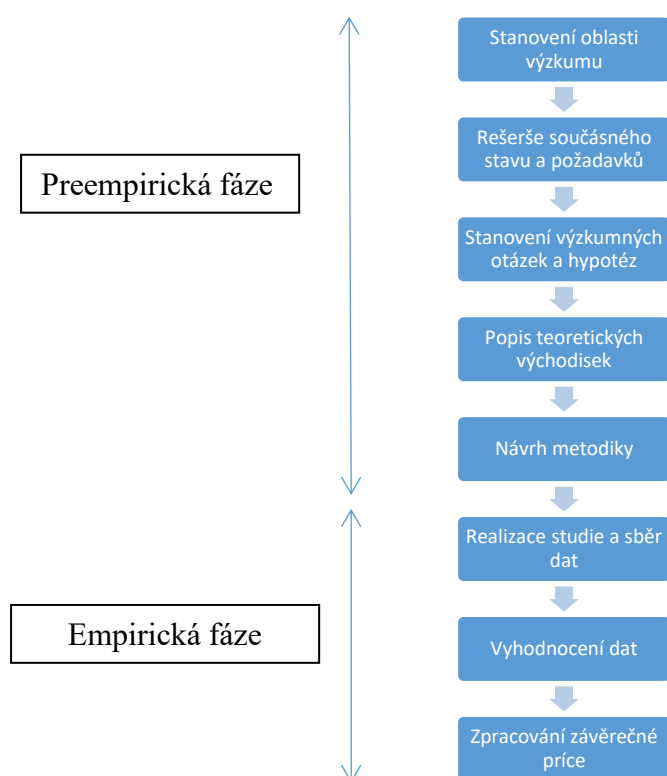
3.1 Druhy a výběr designu výzkumu

Obecně lze výzkum definovat jako aktivní, vytrvalou, systematickou činnost zkoumání určitého jevu (přírodního nebo sociálního charakteru), při které jsou shromažďovány údaje nebo data, které by dané jevy objasnily. Vědecký výzkum by měl být prováděn systematicky, kontrolovaně, kriticky a empiricky (založený na zkušenosti). Výzkum by neměl být zaměňován s průzkumem, který tvoří jednu z jeho etap realizovanou v terénu. Pro výzkumníka je důležitý i samotný výběr druhu výzkumu, aby byl schopen výzkum správně realizovat a interpretovat ostatním lidem. Existuje několik druhů výzkumu, které jsou členěny dle rozlišovacích kritérií:

- Vztahu k objektivní skutečnosti
 - Teoretický a empirický
- Stupni obecnosti/konkrétnosti
 - Základní a aplikovaný
- Základním paradigma
 - Kvantitativní, kvalitativní a smíšený
- Zaměřením na způsobu užití
 - Akční, evaluační a strategicko-koncepční
- Komplexnosti objasňování
 - Monodisciplinární, interdisciplinární a trasdisciplinární
- Účelovosti
 - Deskriptivní, explorační, explanační a prognostický
- Prostředím realizace
 - Laboratorní a teréní

Důležitou součástí je i výběr designu výzkumu, který bývá v literatuře označován i jako strategie výzkumu a představuje jeho plány a procedury. Výzkumník si může zvolit design ze tří základních typů a to kvalitativní, kvantitativní nebo smíšený. Avšak vždy každý design výzkumu obsahuje tři základní části – přípravu, realizaci a vyhodnocení. Rozdíl mezi zmíněnými přístupy je, že během kvantitativního výzkumu je zjišťováno množství, rozsah nebo frekvence určitého jevu a následně jsou zjištěné číselné údaje matematicky zpracovány. Naopak kvalitativní výzkum je zaměřen na výstižný a podrobný popis určitého jevu, kdy nejsou využívány číselné údaje. V současné době se značně začal používat takzvaný smíšený výzkum, který zahrnuje kombinaci kvantitativní a kvalitativní přístupu, tak aby bylo co nejlépe dosaženo stanovených cílů. [110]

Co se týká předložené disertační práce, tak byl z převažující části využit základní výzkum označovaný též jako akademický, který se zabývá teoretickými otázkami s cílem získat nové poznatky o základních principech jevů a pozorovatelných skutečnostech. Avšak součástí disertační práce je i z části evaluační výzkum, který patří pod aplikovaný výzkum, jelikož byla vytvořena metodika určena pro využití v rámci výrobních podniků a též byl realizován i průzkum s vybranými společnostmi pro její ověření. Z hlediska designu se jedná o smíšený výzkum, který má převažující prvky kvantitativního výzkumu.



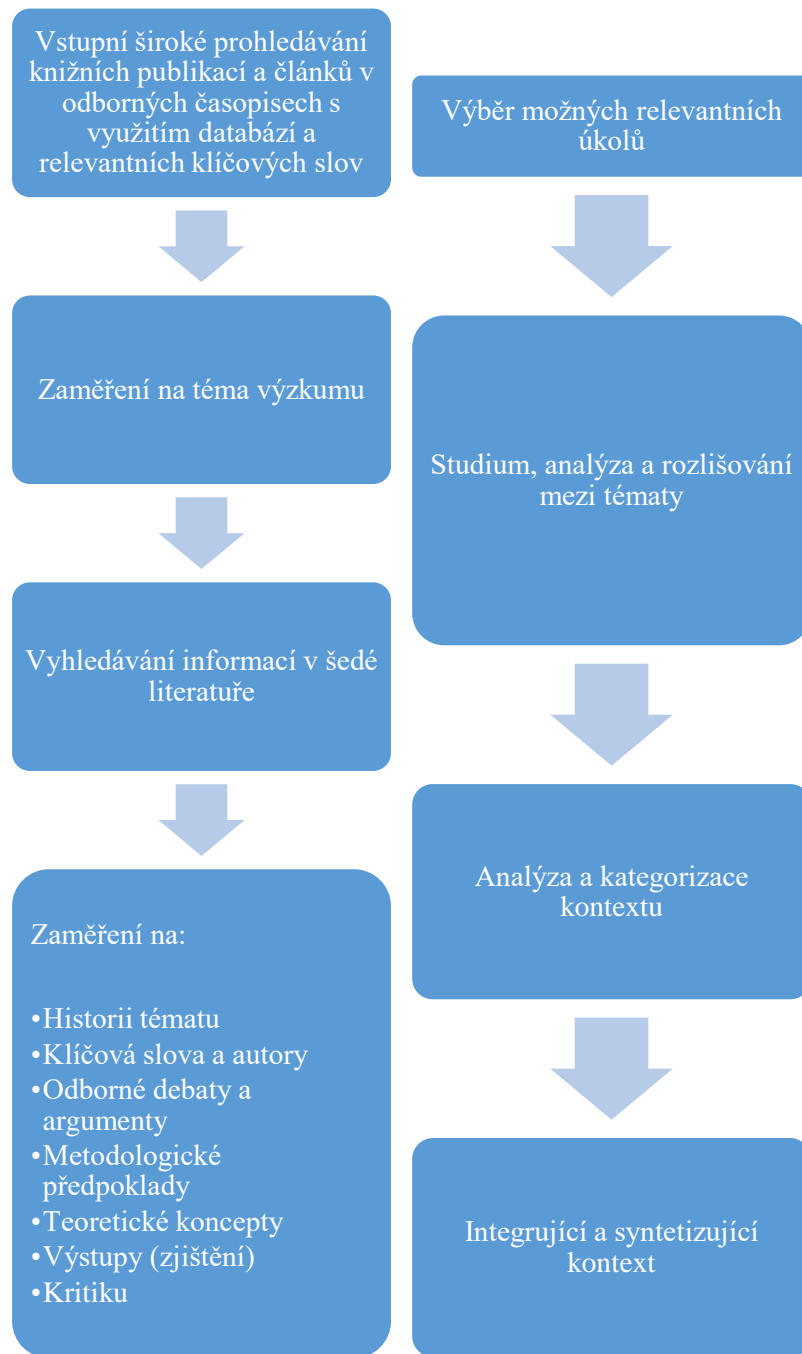
15. Jednotlivé části realizovaného výzkumu v rámci disertační práce

3.2 Rešerše

Rešerše vlastně představuje průběžné vyhledávání, posuzování a využívání dostupných informačních zdrojů. Hlavním důvodem, proč se rešerše literárních zdrojů provádí je, že tvoří nezbytnou součást pro přípravu, realizaci budoucího výzkumu a stanovení výzkumných otázek. Z vytvořeného přehledu dostupných zdrojů může výzkumník nejen získat potřebné znalosti a teoretický základ, ale také určit, které oblasti a témata jsou v současné době řešena ostatními výzkumníky a naopak, kde se nacházejí takzvaná „bílá místa“ tedy příležitosti pro vlastní výzkum. [111] Podle Randolpha [112], lze literární rešerši různě třídit a to dle:

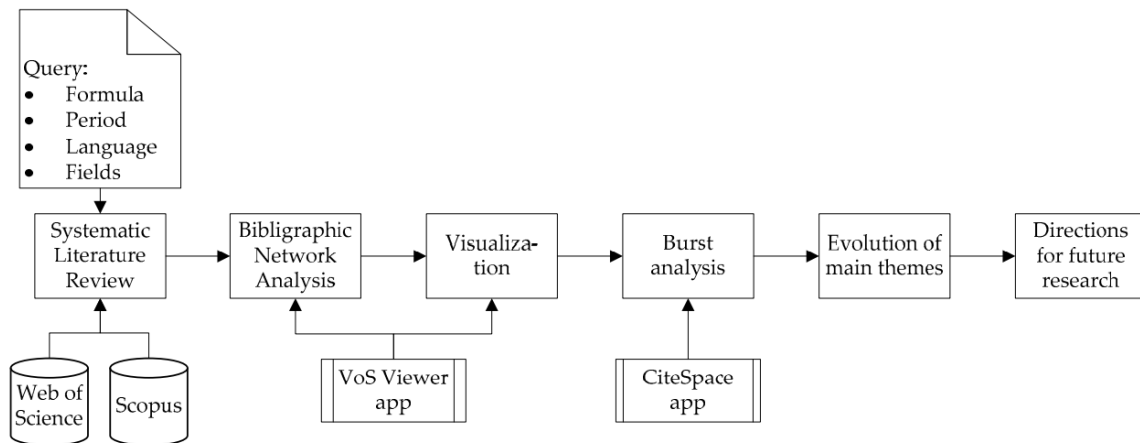
- cílové skupiny (pro koho byl přehled vytvořen)
- zaměření přehledu (výzkumné metody, výstupy, praktické aplikace atd.)
- cíle přehledu (identifikace problémů, ujasnění pojmů a další)
- perspektiv (kvalitativní nebo kvantitativní)
- pokrytí či rozsahu zdrojů
- organizaci zdrojů

Pro zpracování přehledu dostupné literatury lze použít buď elektronické, nebo tištěné (knižní) informační zdroje. Pro vyhledávání elektronických literárních zdrojů lze využít speciální bibliometrické nástroje, takzvané citační databáze. Mezi nejvýznamnější současné citační databáze patří Web of Science, Scopus nebo IEE. Jelikož elektronických zdrojů může být nalezeno velké množství, tak jsou k dispozici různé speciální softwarové nástroje, které slouží pro jejich jednodušší organizaci, například Mendeley nebo Zotero. Gray v publikaci [113] uvedl obecné schéma práce s informačními zdroji, které je zobrazeno na obrázku XV. Někteří autoři avšak popisují různé vlastní postupy, které použily při zpracování literární rešerše.



16. Obecné schéma práce s informačními zdroji (překresleno z [113])

Například autoři v publikaci [56] uvedli, že pro zpracování dostupných literárních zdrojů využili vlastní metodu založenou na SNLA přístupu, který se skládá ze dvou hlavních kroků systematického přehledu literatury (SNL) a bibliografické analýzy sítě a vizualizace (BNAV). Podrobnější popis jednotlivých částí uvedené metody jsou zobrazeny na obrázku XVI.



17. Metodologie výzkumu založená na SNLA přístupu [56]

3.3 Diferenční analýza (GAP analýza)

Diferenční analýzu označovanou jinak jako GAP analýzu navrhl Igor Ansoff a lze ji zařadit mezi metody pro rozhodování a řešení problémů. Analýza je zaměřená na nalezení nedostatku nebo rozdílu mezi požadovaným a stávajícím stavem. V praxi se především používá při plánování strategie nebo nějaké změny. Z tohoto důvodu existují různé druhy GAP analýzy, jako například tržní, bezpečnostní nebo legislativní. Postup uvedené metodiky se skládá se z několika následujících kroků:

- popis současného stavu
- popis cílového stavu (stanovení cílů)
- určení rozdílu mezi současným a požadovaným stavem
- návrh variant pro dosažení cílového stavu (tzv. alternativní strategie)
- zhodnocení jednotlivých variant a výběr nejvhodnější varianty
- opakování postupu, dokud není dosaženo cílového stavu [114]

3.4 Dotazníkové šetření

Dotazníkové šetření patří k jednomu z nejčastěji používaných výzkumných nástrojů a technik, jejichž cílem je sběr dat. Podstatou dotazníkového šetření je dotazování písemnou formou, dotazník tedy představuje soubor předem vybraných otázek, na které respondent písemně odpovídá. Hlavní výhodou uvedeného nástroje je, že vzhledem k potřebnému času a úsilí tazatele i respondentů lze tímto způsobem oslovit velký vzorek populace za relativně nízkých nákladů a získat tak dostatečné množství dat, která lze snadněji kvantifikovat. Další výhodou je, že respondenti mají nejen větší ochotu odpovídat, ale pokud je dotazník

anonymní, tak jsou jejich odpovědi i upřímnější, jelikož se nemusejí bát postihů nebo následků, které by jejich odpovědi mohly mít. Navíc u dotazníků je možnost opakovaného použití, a tedy i možnost srovnání výsledků mezi skupinami respondentů nebo i s jinými výzkumy. Přestože dotazníkem můžeme oslovit větší vzorek populace, tak bohužel nevýhodou je, že je relativně menší návratnost, především u elektronicky distribuovaných dotazníků. Navíc získáme sice informaci nebo názor respondenta na danou otázku, ale již nezjistíme, proč má respondent tento názor. Jestliže dotazník obsahuje otevřené otázky, které generují velké množství dat, tak se i obtížněji analyzuje a vyhodnocuje. Je zde i riziko nedostatečné reprezentativnosti, nedostatečné kontroly, kdo dotazník vyplňuje i nemožnost kontroly podmínek, za kterých probíhá dotazování. [115]

Pokud je dotazník časově náročný může respondent začít odpovídat povrchně, navíc dotazování mohou v důsledku různého chápání určité otázky odlišně odpovídat. Podle cíle výzkumu a strukturace položek lze dotazníky členit na nestrukturovaný, polostrukturovaný a strukturovaný dotazník. V případě nestrukturovaného dotazníku se respondent pouze volně písemně vyjadřuje k vymezenému určitému tématu. Výhodou je, že tímto způsobem je získán respondentům názor v přehlednějším písemném zpracování, ale vyplnění tohoto typu dotazníku je pro dotazovaného časově náročné a pro výzkumníka je pak obtížnější vyhodnocení odpovědí. Polostrukturovaný dotazník obsahuje soubor uzavřených i otevřených otázek, které respondent může vyplnit ve volném pořadí. Obdobné jsou i výhody a nevýhody jako u předchozího typu dotazníku. Strukturovaný dotazník obsahuje soubor převážně uzavřených otázek v pevně daném pořadí. Výhodou uvedeného typu je snadnější zpracování dat a srovnatelnost odpovědí respondentů. Jelikož jsou odpovědi dotazovaných získávány pouze z nabízených variant, je zde menší vypovídací hodnota než u předchozích typů dotazníků. [115]

Před tvorbou samotných otázek a sestavení dotazníku je důležité si nejprve ujasnit a definovat výzkumný problém, který má být řešen. Dále je potřeba stanovit si výzkumné otázky a formulovat hypotézy, tedy tvrzení, vyjádřené oznamovací větou, které budou potvrzeny nebo vyvráceny. Z tohoto důvodu je důležité vytvořit i přehled existující odborné literatury, které se zabývá stejným problémem, aby byla potvrzena smysluplnost, odlišnost a prospěšnost výzkumu oproti stávajícím. Tyto předešlé kroky jsou nezbytné pro stanovení cíle a účelu dotazníku včetně toho, jaká data potřebujeme získat, aby bylo možné odpovědět na stanovené specifické výzkumné otázky a potvrdit nebo vyvrátit formulované hypotézy. Pokud by nebyly provedeny předchozí kroky, mohlo by to vést k nekoncepčnosti dotazníku

a k zaměření se na nepodstatné stránky při zjišťování dat. Na obrázku je zobrazeno schéma, jak by se mělo správně postupovat při tvorbě návrhu dotazníku. [110]



18. Schématické zobrazení postupu návrhu dotazníku [110]

Při tvorbě dotazníku je potřeba stanovit, zda dotazník bude anonymní nebo nikoliv. Dále, zda bude proveden písemnou, ústní, telefonickou nebo elektronickou formou. Dotazníky pro písemné vyplňování jsou z organizačního hlediska nejjednodušší a také nejlevnější formou komunikace s dotázaným. Respondenti navíc odpovídají více s rozmyslem, protože čas vyplnění si volí sami, mají méně zábran při zodpovídání citlivých otázek a nejsou tolik ovlivněni způsobem kladení otázek. Další výhodou je, že touto formou lze zastihnout i respondenta, který není dosažitelný osobní návštěvou a lze snáze provádět opakovaná dotazování. Nevýhodou je nízká návratnost (vrací se průměrně kolem 20-30 % rozeslaných nebo rozdaných dotazníků). Ústní dotazování má výhodu osobního kontaktu, která dává tazateli možnost reagovat na situaci, vyložit problematická místa a zkontrolovat úplnost vyplnění. Osobní účast tazatele má zpravidla pozitivní vliv i na návratnost dotazníku a často podvědomě vede probandy k větší pravdivosti odpovědí. Je možné zjišťovat i obsahově náročnější informace. Osoba tazatele patří ale i k rizikům postupu, protože může působit na dotazovaného negativně. Ústní dotazování může mít i podobu šetření s tazateli, které je v organizačně, finančně i časově náročnější, protože tazatele je potřeba zaškolit. Telefonické dotazování vyžaduje speciálně proškolené tazatele i techniku. Vhodné jen pro

krátké a rychlé rozhovory, výsledky spíše na úrovni ankety. Při elektronickém dotazování je výhodou, že již existuje velké množství nástrojů pro tvorbu dotazníku, které se po vyplnění respondentů snadněji vyhodnocují. Dále je potřeba stanovit si cílovou skupinu respondentů, kteří budou na dotazník odpovídat. To vychází z formulace a operacionalizace hypotéz. Respondenty je třeba přesně specifikovat věcně, místně i časově. [110]

Významným problémem, který je nutno vyřešit při přípravě terénního sběru dat, je volba rozsahu výběrového souboru. Příliš malý výběr nemůže totiž být základem pro zobecnění prováděná s požadovanou přesností, zbytečně velký výběr pak zvyšuje náklady spojené se získáním informací, neúměrně výslednému efektu. Navíc představa, že čím je výběrový soubor větší, tím přesnější výsledky lze získat, je správná jen za určitých podmínek, které se v praxi málokdy podaří splnit. Především by nesměla existovat žádná nevýběrová, systematická chyba, způsobená například nejasným chápáním některých otázek, neochotou určité údaje poskytnout apod. Navíc by návratnost dotazníku nesměla záviset na velikosti výběrového souboru. Velké výběry ale bývají organizačně tak náročné, že s jejich rozsahem velice často návratnost dotazníku klesá. Minimální statistický soubor, se kterým lze při použití kvantitativní metodologie pracovat, by měl mít rozsah alespoň 30 osob v každé ze skupin, které chceme porovnávat.

Reprezentativitu výběrového souboru nejlépe zaručuje náhodný výběr, kdy má každý prvek základního souboru stejnou šanci dostat se do výběru. V praxi není postup náhodného výběru vždy proveditelný, a to především z technických důvodů. Při tvorbě dotazníku je samozřejmě důležitá i typologie jednotlivých otázek, ty mohou být uzavřené, polouzavřené nebo otevřené. Tato typologie souvisí s již zmíněnou typologií samotného dotazníku. Uzavřené otázky jsou formulovány tak, aby možnosti odpovědí byly předem dány a bylo možné je standardizovat. Respondent tak vybírá z omezeného počtu variant možných odpovědí. Dotázaný si může vybrat buď jednu z nabídnutých odpovědí, nebo i více odpovědí. Otevřené otázky umožňují obsáhlejší, nestandardizované odpovědi, které tazatel musí věrně zaznamenat. Umožňují získat nepředpokládanou odpověď a vylučují frustraci, kterou může respondent pociťovat, jestliže má na výběr jen nabízené odpovědi a nemá příležitost volně vyjádřit svůj názor. Hlavní nevýhodou otevřených otázek je pracné zpracování získaných údajů a problémy při interpretaci odpovědí respondenta. Je přitom třeba myslet na to, že zřetelnost a hloubka odpovědí závisí na respondentových schopnostech vyjadřovat se. Samostatné formulování odpovědí není pro každého jednoduché. Podle způsobu, jak otázky pokládáme, je dělíme na otázky přímé a nepřímé. Naopak dle funkce otázky dělíme na výzkumné a pomocné. Otázky musejí být jasné a srozumitelné všem

respondentům. Proto používáme jednoduchý jazyk, známý slovník, co nejvíce specifické formulace dotazů. Musíme vyloučit víceznačná slova, záporné otázky, sugestivní otázky, zavádějící otázky. [115]

3.5 Interview

Jedná se o další výzkumnou metodu, během které je respondent dotazován prostřednictvím osobního nebo telefonického rozhovoru. Výhodou osobního rozhovoru je, že umožňuje nejenom zachycení dat, ale možnost zjištění motivů a postojů respondenta. Obecně lze dělit interview na takzvané strukturované, které má pevně danou strukturu otázek a dále nestrukturované, kde struktura otázek není předem stanovena. Avšak existuje i polostrukturované interview, které obsahuje polouzavřené i otevřené otázky. V rámci provádění interview je doporučeno nejprve představení tazatele a případně dané oblasti výzkumu, dále vytvoření si základního záznamu z hlediska kontextu, času a charakteristiky respondenta. Následně by mělo být provedeno samotné interview, kdy jsou nejprve zařazeny otázky na neproblémové skutečnosti a až poté jsou pokládány otázky pro získání potřebných informací a dat. Po ukončení sběru dat by mělo být provedeno jejich vyhodnocení a archivace pro případný návrat k primárnímu zdroji nebo při opakování výzkumu k porovnání zjištěných informací. [116]

4 Základní teoretická východiska navrhované metodiky

V této kapitole budou popsána základní teoretická východiska pro dále navrhovanou metodiku, která souvisejí s problematikou procesního řízení, jehož správná implementace může společností nejen pomoci se snáze přizpůsobovat tržním změnám, zvýšit jejich výkonnost, zlepšit kvalitu produktů, snížit náklady, ale i významně přispět a zjednodušit podniku digitální transformaci. Důvodem je, že pomocí zavedeného procesního řízení má podnik nejen přehled o svých podnikových procesech, ale měl by je mít i zmapované, popsané a měřit jejich výkonnost, tyto veškeré informace a data jsou důležité pro následnou tvorbu digitálních modelů daných procesů, navíc tato změna bude díky tomu provedena snadněji a rychleji. Procesní řízení má také velké uplatnění i v elektrotechnické výrobě, neboť jsou zde kladeny vysoké nároky na kvalitu, spolehlivost a bezpečnost produktů. Kvůli uvedeným nárokům jsou v oblasti elektrotechnické výroby běžně používány řady norem, jako například ISO 9001 - Systém řízení managementu jakosti. Mimo jiné jsou ve zmíněné normě zohledněny i požadavky týkající se organizace práce a řízení rizik, které úzce souvisejí s problematikou procesního řízení. Z tohoto důvodu byly dané problematiky také zahrnuty do navrhované metodiky.

4.1 Procesní řízení a obecný popis procesu

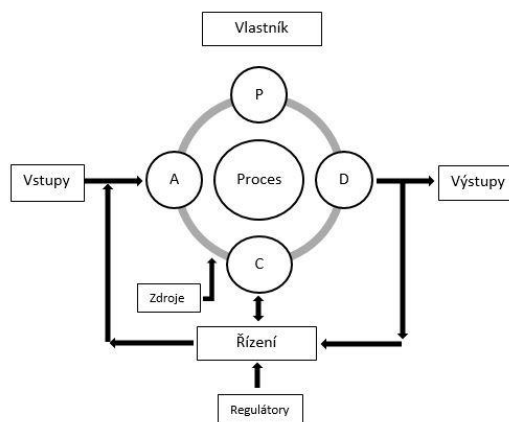
V literatuře je uvedena řada definic, které popisují procesní řízení, ale nejlépe je tato definice vymezena ve zdroji [117]: „Procesní řízení (management) představuje systémy, postupy, metody a nástroje trvalého zajištění maximální výkonnosti a neustálého zlepšování podnikových i mezipodnikových procesů, které vycházejí z jasně definované strategie organizace a jejichž cílem je naplnit stanovené strategické cíle.“ Základem procesního řízení je tedy definování a vymezení podnikových procesů a dále zajištění jejich neustálého zlepšování. Samotný proces lze definovat jako soubor hierarchických činností s jedním nebo více vstupy, které jsou v průběhu procesu přeměněny na výstupy. Avšak mezi základní charakteristické atributy procesu dále patří:

- vstupy a výstupy procesu,
- zdroje procesu,
- hranice procesu,
- vlastník procesu,
- zákazník procesu. [118]

Kromě vstupů a výstupů jsou důležitým atributem takzvané zdroje, které jsou v rámci procesu průběžně spotřebovávány a představují nezbytné výrobní faktory, bez kterých by proces nemohl probíhat. V závislosti na tom, o jaký typ zdroje se jedná, tak jej můžeme zařadit do jedné z následujících skupin:

- lidské,
- finanční,
- informační,
- infrastruktura. [118]

Nezbytnou součástí každého procesu je také zákazník, který může reprezentovat osobu, organizaci nebo následný proces, pro který je výstup určen a zhodnocuje jej, neboť na základě jeho požadavků je produkt vytvářen. Dle typu subjektu tedy rozdělujeme zákazníka na externího (spotřebitel) a interního (uvnitř organizace). Další důležitým atributem je vlastník procesu, který zodpovídá za jeho správný chod a efektivitu, proto musí disponovat dostatečnou odpovědností, pravomocí a znalostmi o daném procesu. To zahrnuje i znalost hranice procesu, která stanovuje jeho začátek a konec. Proto, aby byla zajištěna efektivita procesu, tak je nutné, aby byla určitým způsobem regulována a měřena jeho výkonnost, jelikož tato data jsou nezbytná pro průběžné zlepšování procesů, které je součástí procesního řízení. S neustálým zlepšováním procesů souvisí takzvaný PDCA (Plan-Do-Check-Act) cyklus, tedy cyklická metoda postupného zlepšování, která obsahuje čtyři základní kroky – plánování (stanovení cíle), provedení (implementace vytvořeného plánu), ověření (kontrola vhodnosti implementovaného řešení) a jednání. [119]



19. Model procesu (převzato z [120])

Jelikož v každé společnosti existuje řada a rozdílný počet podnikových procesů, tak mohou být rozlišovány podle různých kritérií. Nejčastěji se podnikové procesy dělí dle jejich přidané hodnoty a zákazníka, pro kterého jsou určeny. Dle uvedeného kritéria lze podnikové procesy zařadit do jedné z následujících tří skupin – řídicí, hlavní a podpůrné procesy. Správné zařazení podnikových procesů do jedné ze skupin je důležité z hlediska jejich následného řízení. Hlavní procesy, které bývají označovány i jako klíčové procesy, jsou pro společnost nejvýznamnější, protože jejich zaměřením je tvorba produktu nebo služby pro externího spotřebitele. Naopak cílem podpůrných procesů je zajistit chod hlavních procesů. Nicméně hlavní procesy by nemohly ani fungovat bez správné koordinace, řízení a plánování veškerých procesů organizace, k tomuto účelu slouží takzvané řídicí procesy, které představují uvedené aktivity. [121]

4.1.1 Modelování procesů

Modelování a vizualizace procesů se používá pro jednodušší a přehlednější formalizovaný popis o procesech prostřednictvím vytvořeného grafického modelu, který může být zachycen na různých úrovních organizace. Tento grafický model bývá označován jako procesní diagram, procesní mapa, vývojový diagram, workflow diagram či diagram datových toků. Model slouží především pro přehledné grafické uspořádání sledu činností, které mají být v rámci procesu vykonány, dále k možnosti určení, jakým způsobem je proces prováděn (manuálně/elektronicky) a k upřesnění odpovědností za procesy v rámci organizace. Z tohoto důvodu musí být procesní modely úplné a odpovídat realitě. Z hlediska digitalizace podnikových procesů mohou tyto modely výrazně napomoci snadnější a rychlejší transformaci podniku, neboť obsažené informace jsou nezbytné pro správné rozhodování ohledně dalšího postupu při implementaci nových technologií. [121]

Pro samotnou tvorbu procesních modelů bývá využíváno softwarových nástrojů, které lze rozdělit na tři základní skupiny – nástroje pro znázornění toků (nejnižší úroveň, zobrazují proces pomocí grafických symbolů, většinou neposkytují možnost procesní analýzy), simulační (umožňují zobrazit, jak daný objekt prochází systémem) a CASE (slouží pro modelování hierarchie a popisu procesů, jsou založeny na relačních databázích a jejich funkce umožňují lineární, statické a deterministické analýzy) nástroje. [122]

Požadavky týkající se modelování procesů jsou zahrnuty i ve standardech. Nejdůležitější normou týkající se dané problematiky je ISO 14258, ve které jsou definovány základní pojmy a pravidla modelování. Další standardem, který navazuje na uvedenou

normu je ISO 15704, ve kterém jsou pro vlastní modelování definovány potřeby rámců, jazyků, nástrojů, metodik, modelů a aplikačních modulů. Avšak existují i další normy zabývající se danou problematikou jako ISO 18629 (ProcessSpecificationLanguage) nebo vropský standard CEN ENV 12204. V rámci modelování procesů jsou využívány různé metody, mezi které patří:

- Procesní diagramy
- Unified Modeling Language – UML
- Event-Driven Process Chain – EPC
- Business Process Model and Notation – BPMN [123]

4.1.2 Monitorování a měření procesů

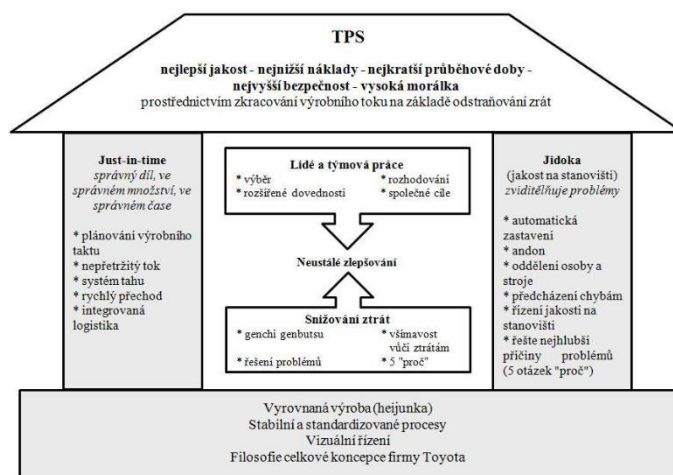
Obecně měření výkonnosti může probíhat na úrovni pracovníků, procesů nebo samotné organizace, ale mělo by vždy být provedeno v porovnání s předem definovanou cílovou hodnotou. Jak již bylo řečeno, monitorování a měření výkonnosti procesů je nezbytné pro jejich řízení a následné zlepšování z hlediska kvality produktu, času výroby a nákladů. Avšak tato problematika je zahrnuta i v požadavcích souboru norem ISO 9000, tedy všechny společnosti, které danou normu aplikují, se musí měřením procesů zabývat. Taková společnost musí nejen vhodně nastavit systém měření výkonnosti, jeho četnost, ale i správně využívat výsledky měření. Důležitým aspektem měření výkonnosti je předchozí stanovení měřících bodů v procesu, které je většinou závislé na výběru metody analýzy a dále na požadovaných ukazatelích. [117]

Mezi univerzální ukazatele měření výkonnosti patří:

- průběžná doba procesu,
- efektivní využití doby procesu,
- celkové náklady na proces,
- efektivní využití nákladů,
- podíl neshod v procesu,
- procesem přidaná hodnota. [121]

4.1.3 Metody pro optimalizaci procesů

Optimalizace procesů se provádí z různých důvodů pro zlepšení efektivity procesů a výkonnosti samotné organizace, z hlediska prevence nebo snížení nežádoucích účinků a z důvodu zlepšování výroby produktů a služeb, aby bylo dosaženo budoucích očekávání a potřeb zákazníků. Z tohoto důvodu i existují různé přístupy a metody optimalizace procesů, mezi základní přístupy patří lean management, six sigma, TQM (Total quality management), TOC (Theory of Constraints) nebo BRP (Business Process Reengineering). [124] Avšak v rámci provedeného průzkumu disertační práce byly posuzovány pouze metody lean managementu, z tohoto důvodu bude představen pouze tento přístup zlepšování procesů. Lean management označován také jako štíhlá výroba nebo řízení je filozofie, která pochází z Japonska, jak dokazuje i standardizované pojmosloví, které je z velké části v japonštině. V literatuře je dále uváděno, že tato metodika vznikla po 2. světové válce ve firmě Toyota, která vyvinula výrobní systém Toyota Production System (TPS), který bývá znázorňován jako dům stojící na dvou základních pilířích a to JIT (Just-in-time) a Jidoka. Díky své úspěšnosti začaly využívat i výrobní podniky v USA. Během několika následujících let se přístup rozšířil i do podniků menší velikosti a dalších zemí.



20. Znázornění výrobního systému TPS [125]

Avšak štíhlá výroba může být implementována i do podniků a služeb nevýrobního typu jako finančních institucí, ale dokonce i třeba v nemocnicích. V rámci štíhlé výroby musí podnik uplatňovat zásady štíhlosti ve všech oblastech. Silná orientace na zákazníka je základem konceptu stejně jako uplatňování principu tahu a plynulosti výrobního toku, které

umožňují sladit výrobní proces a zamezit vzniku plýtvání. Důležitou součástí přístupu je i důkladná kontrola jakosti v rámci celé výroby, k čemuž napomáhá druhý pilíř (Jidoka). Z hlediska orientace na zákazníka, jehož požadavky se v průběhu času mění, tak je důležitá flexibilita společnosti, která je zajištěna neustálým zlepšováním. Neustálé zlepšování firmy jakož i samotný přístup štíhlé výroby, by ale nefungoval bez zapojení a iniciace lidí, kteří mají být podněcováni k snižování plýtvání a zlepšování procesů. S tím souvisí i standardizace procesů pro zajištění jejich spolehlivosti a dále takzvaná vyrovnaná výroba (heijunka), která má zajistit ideální rozvržení výrobního množství a výrobního mixu v dané časové periodě, tak aby byla udržována plynulá výroba s co nejmenšími zásobami. Cíle systému TPS tvoří střechu pomyslného domu a mělo by jich být dosaženo právě eliminací plýtvání za pomoci uvedených nástrojů a metod pro zlepšování procesů. Mezi cíle TPS patří dosažení vysoké kvality, vysoké bezpečnosti a morálky za nízkých nákladů a co nejkratšího možné průběhové doby označované jako lead time, která představuje průběžnou dobu výroby výrobku a zahrnuje:

- Čas výroby – snížením počtu položek nebo činností během výroby může dojít ke zkrácení tohoto času
- Čas k přemístění – tento čas lze snížit zkrácením vzdáleností nebo dopravních tras
- Čekání – pro zamezení čekání je nutné zajistit dostatečné kapacity a zlepšit plánování. Ideálně by se mělo dosáhnout nulového čekání
- Čas k přenastavení – pro zkrácení daného času by měla být provedena příprava přednastavení požadovaného nastavení, usnadnění pohybů nebo eliminace využívání nářadí [126]

4.1.4 Hlavní zásady štíhlé výroby

Jak již bylo popsáno hlavním cílem štíhlé výroby je maximalizace výroby s minimálními náklady za co nejkratší dobu, a to bez ztráty na kvalitě nebo na úkor zákazníka. Uvedeného záměru má být dosaženo eliminací plýtvání. Mezi základní druhy plýtvání patří - nadměrné zásoby, čekání, nadbytečná výroba, kontrola kvality, opravy a přepracování, neefektivní pohyby a manipulace, zbytečná manipulace s materiálem a nevyužitá kreativita pracovníků. Aby bylo dosaženo zmíněného záměru, tak byly stanoveny

hlavní zásady, jejichž dodržení tvoří předpoklad pro úspěch daného konceptu ve firmě a úzce souvisí s jednotlivými druhy plýtvání. Mezi tyto zásady patří:

- Snižování zásob – zregulovat množství zásob ve výrobě a skladech a ponechat pouze skutečně potřebné
- Rušení čekání – eliminovat prostoje a čekání nastavením optimálních toků
- Optimální výroba – snížit nadbytečnou výrobu výrobků
- Kontrola kvality – snížit počet kontrol kvality během výroby
- Minimalizovat opravy a přepracování
- Efektivní pohyby a manipulace – snížit nadbytečné pohyby při práci
- Optimální manipulace s materiálem
- Nevyužitá kreativita pracovníků [126]

4.1.5 Optimalizační metody využívané v rámci Lean managementu

Metoda 5krát Proč

Cíl – zjištění skutečné kořenové příčiny takzvané root cause (nejčastěji se může jednat vady výrobku nebo defektu zařízení). Během metody je pokládána pětkrát za sebou otázka „Proč?“.

- o První proč – Příznak (Symptom)
- o Druhý proč – Záminka (Excuse)
- o Třetí proč – Vina (Blame)
- o Čtvrté proč – Příčina (Cause)
- o Patý proč – Kořenová příčina (Root Cause) [127]

Metoda 5S

Cíl – zlepšení bezpečnosti, efektivity a výroby pomocí uklizení a uspořádání pracoviště tak, aby nedocházelo k zbytečným chybám a ztrátám během hledání správného materiálu nebo nástroje, zbytečným prostojům či nadbytečným pohybům. Metoda obsahuje 5 kroků:

1. Seiri: vytrídění a odstranění nepotřebných věcí
 - a. Udělat pořádek (nepotřebné díly, nářadí a odkládací plochy, ...).
 - b. To, co není potřeba, se ihned vyhodí.

2. Seiso: vyčištění pracoviště
 - a. Pracovníci čistí svá pracoviště a své stroje sami.
 - b. Nedostatky v kvalitě a na zařízeních se včas odhalí (čištění je zkoušení).

3. Seiton: uspořádání potřebných věcí
 - a. Označení a unifikace pracovních prostředků a odstavných ploch.
 - b. Označit shromažďovací plochy, vozovky a chodníky.

4. Seiketsu: ustanovit pravidla
 - a. Pravidla se standardizují a zviditelní na pracovišti
 - b. Předpokladem je disciplína a trénink

5. Shitsuku: všechny body dodržovat a vylepšovat
 - a. Standardy se dodržují a stále vylepšují
 - b. Manažeři vytvoří rámcové podmínky pro udržování stavu a při odchylkách iniciují aktivitu [127]

MUDA

Cíl – eliminace hlavních zdrojů plýtvání při výrobě pro dosažení efektivity a snížení nákladů. Existuje i MUDA zaměřená na administrativní činnosti, jejichž základní zdroje plýtvání se od výrobních liší. Avšak mezi zdroje plýtvání definované v rámci metody MUDA pro výrobní sektor patří:

- nadprodukce a zbytečné skladování,
- nadbytečné zpracování,
- nadbytečné pohyby,
- časové prostoje,
- přemísťování,
- vady [127]

KAIZEN

Cíl – jedná se o neustálý systém zlepšování procesů po malých krocích za účelem zvýšení produktivity a kvality, při kterém jsou zapojeny všechny osoby působící napříč celou společností. Filozofie klade důležitost na motivování, zapojení a rozvoji schopností zaměstnanců při týmové spolupráci týkající se řešení problémů. [127]

KANBAN

Cíl – optimální plánování skladových zásob, tedy včasné dodání materiálu v závislosti na jeho spotřebě výrobním procesem. Pro dodání materiálu musí být nejprve vyplněna kanbanová karta, která je předána mezi dvěma pracovišti, například sklad a výroba.

Kanbanová karta většinou obsahuje následující údaje:

- označení materiálu,
- požadované množství,
- místo pro doplnění,
- číslo kanbanové karty [127]

PDCA cyklus

Cíl: odstraňování problémů v každodenní práci pro zlepšování výrobních aktivit, procesů a systému. Metoda je založena na čtyřech po sobě následujících (cyklických) krocích:

- P - Plan (plánuj) – získání informace a popisu řešeného problému sloužící pro stanovení plánu. Plán musí zahrnovat jednotlivé činnosti nutné k odstranění problému.
- D - Do (dělej) - po vytvoření plánu je potřeba zavést stanovené činnosti
- C - Check (kontroluj) – kontrola odstranění problému pomocí následuje měření dosažených výsledků a jejich porovnání se stanoveným plánem.
- A - Act (jednej) – pokud se dosažený výsledek bude lišit od očekávání, tak je nutné vytvořit nový plán pro nalezení příčiny daného problému. Pokud je dosaženo předem stanovených požadavků je nutné všechny provedené změny standardizovat do procesů/systémů a průběžně kontrolovat, zda jsou řádně uplatňovány. [127]

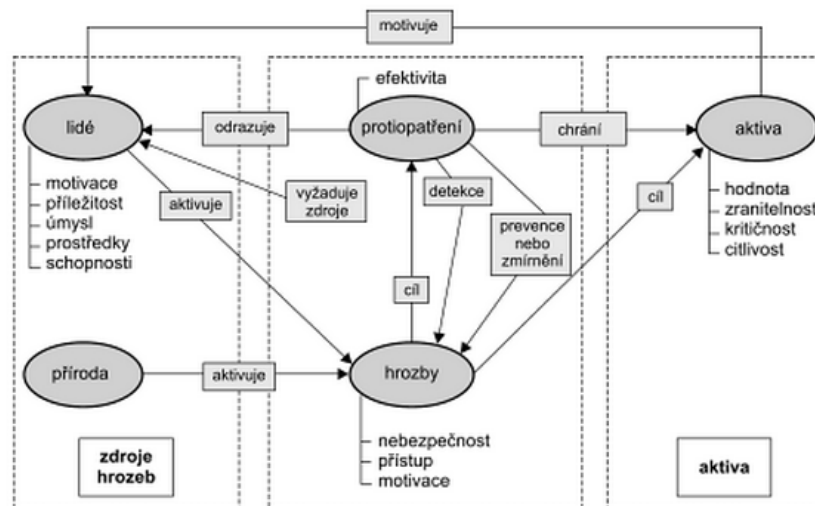
4.2 Řízení rizik

Jak již bylo zmíněno, v oblasti elektrotechnické výroby jsou nejen kladeny vysoké požadavky na bezpečnost a spolehlivost, ale společnosti jsou také vystavovány různým faktorům, ať už vnějším nebo vnitřním, které mohou ovlivnit plnění jejich strategických cílů. Z tohoto důvodu spolu i problematika řízení procesů a rizik úzce souvisí a požadavky na jejich zavedení a řízení jsou zahrnuty v souboru norem. Obecně lze definovat řízení rizik jako neustále se opakující činnost, která je součástí správy a vedení organizace a jejímž cílem je včas odhalit a eliminovat všechny nejistoty, které mohou mít negativní dopad na cíle. Pro

samotný pojem „riziko“ neexistuje jednotná a ucelená definice, jelikož bývá v literatuře různě popisován. Obecně riziko pro společnosti představuje pravděpodobnost vzniku určitého ohrožení, poškození nebo ztráty. V závislosti na tom, o jaký typ nejistoty se jedná, tak se dělí rizika na předvídatelná a nepředvídatelná, ekonomická, politická, právní, bezpečnostní, podnikatelská, ale i projektová. Z podnikatelského hlediska lze navíc rozlišovat rizika dle pozitivního (vyšší zisk) a negativního (ztráta klientů) dopadu. Naopak projektová rizika plynou ze špatného řízení projektu, kdy se může jednat i o projekty podnikové inovace jako je implementace Průmyslu 4.0. Avšak pro společnosti je nejen důležitá identifikace nejistot, ale především jejich analýza, hodnocení a řízení. [78]

4.2.1 Analýza rizik

Analýza rizik je důležitou součástí systému řízení rizik, jelikož představuje proces identifikace a hodnocení možných hrozeb a slouží jako základní zdroj informací pro vedení organizace při rozhodování o prioritách a realizaci preventivních opatření k zamezení jejich výskytu a dopadu na aktiva. Aktivum představuje cokoliv, co má pro daný subjekt hodnotu, která může být znehodnocena působením hrozeb. Za každé aktivum je zodpovědná pověřená osoba (vlastník), která napomáhá při určení jeho hodnoty. Obecně se aktiva dělí na hmotné a nehmotné a jsou charakterizována svou hodnotou založenou na objektivním vyjádření obecné ceny a dále zranitelností vyjadřující jejich citlivost na působící hrozbu. Hrozbu lze naopak definovat jako zdroj negativní aktivity, události, síly nebo i jako osobu, která má nežádoucí vliv na aktiva. Tento negativní vliv bývá v rámci řízení rizik nazýván jako dopad, který označuje rozsah způsobené škody při jednom působení na aktivum. Hrozby lze dělit dle různých hledisek na vnitřní, vnější, náhodné, úmyslné, přírodního nebo lidského původu. Důležitou charakteristikou je i úroveň hrozby, která je hodnocena dle různých faktorů jako nebezpečnosti, přístupu a motivaci. Interakce mezi jednotlivými prvky v analýze rizik jsou zobrazeny na následujícím obrázku.[78]



21. Zobrazení vztahů mezi jednotlivými prvky analýzy [78]

Samotná analýza rizik obsahuje tři základní fáze, z nichž každá zahrnuje několik činností, které musí být vykonány:

1. První fáze – Identifikace rizik a stanovení hranice přijatelnosti
 - Vymezení hranic analýzy rizik posuzovaného subjektu a stanovení jeho aktiv včetně vlastníků
 - Určení hodnoty aktiv včetně zhodnocení možného dopadu na jejich poškození
 - Sestavení seznamu potenciálních hrozeb, které by mohly ohrozit aktiva
 - Zhodnocení pravděpodobnosti výskytu daných hrozeb a míry zranitelnosti
2. Druhá fáze – Vyhodnocení stanovených rizik
 - Posouzení dopadů individuálních hrozeb na konkrétní aktiva
 - Vyhodnocení úrovně jednotlivých rizik
 - Rozhodnutí o akceptovatelnosti rizik vzhledem k jeho dosažené úrovni
3. Třetí fáze – Stanovení případných nápravných opatření a kontrola jejich plnění
 - Stanovení nápravných opatření pro jednotlivá rizika
 - Implementace preventivních opatření a průběžná kontrola jejich plnění
 - Zhodnocení úrovně rizika po zavedení nápravných řešení [78]

4.2.2 Metody hodnocení rizik

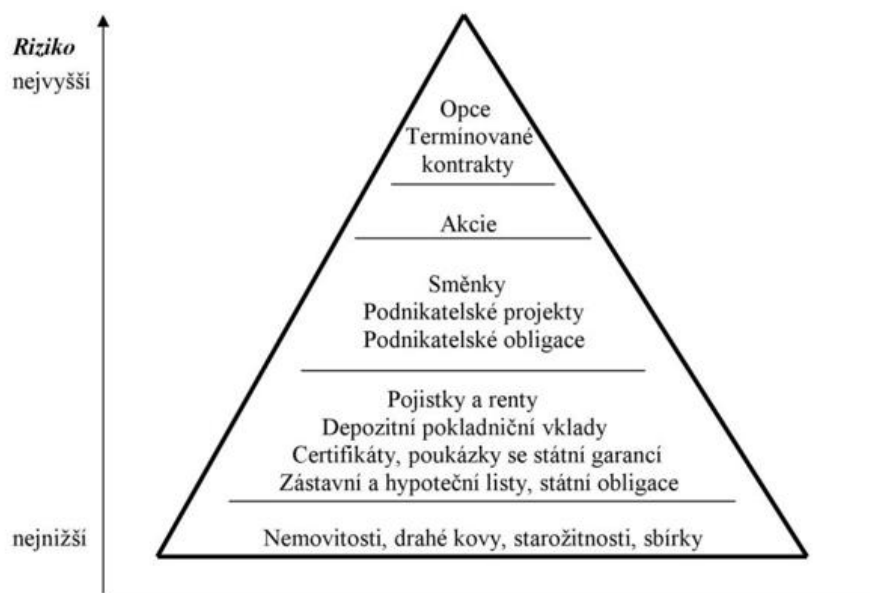
Obecně jsou při řešení analýzy rizik používány dva základní přístupy (kvalitativní a kvantitativní) nebo jejich kombinace. Rozdíl mezi uvedenými přístupy je, že kvalitativní metody bodově hodnotí potenciální dopad rizika a pravděpodobnost jeho výskytu v určitém rozsahu, naopak kvantitativní jsou založeny na výpočtu rizika z frekvence výskytu hrozby a jejího dopadu. Výhodou kvalitativního přístupu je, že se jedná o rychlý a jednoduchý způsob hodnocení, který je ale více subjektivní. Co se týče kvantitativních metod, tak ty jsou sice náročnější, jak časově, tak i z hlediska provedení, ale za to poskytují i finanční znázornění rizik. [78]

Mezi nejčastěji používané nástroje pro analýzu rizik, které jsou i zahrnuté v rámci norem patří:

- Metoda ETA (Event tree analysis) - Analýza stromu událostí
 - kauzální analytická technika určena pro analýzu průběhu procesu a sledu událostí vedoucích, které vyvolány iniciační událostí (určitá porucha zařízení, lidské zavinění)
- Ishikawův diagram
 - jednoduchý nástroj, označován též jako diagram rybí kosti, při kterém je využíván brainstorming pro zjištění jednotlivých příčin určitého důsledku.
- Metoda FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) – Analýza způsobů a důsledků poruch
 - technika, jejíž cílem je identifikace možné způsobů a mechanismů poruch a dále jejich následků. Metoda FMEA má několik typů DFMEA (analýza produktu), SFMEA (analýza systému) a PFMEA (analýza procesů)
- Metoda FTA (Fault Tree Analysis) - Analýza stromu poruch
 - technika zaměřená na hledání primárních příčin začínající od nežádoucí události
- Metoda HAZOP (Hazard and Operability Analysis) – Riziková a operační analýza
 - Metoda zaměřená na identifikaci potencionálních rizik a dále následků nebezpečných stavů, které mohou ovlivnit funkčnost zkoumaného zařízení. V rámci metody jsou posuzovány kritičnosti odchylek [78]

4.3 Metody hodnocení investic

Z hlediska podnikání je velmi důležitý růst tržní hodnoty, z tohoto důvodu by se měl podnik zabývat investiční politikou, jejímž cílem je příprava, výběr a realizace právě takových projektů, které do budoucna přinesou zvýšení tržní hodnoty. Investice tedy lze chápat jako jednorázově vynaložené finanční prostředky (výdaje), které jsou určeny na realizaci konkrétního projektu s cílem jejich zhodnocení a budoucího výnosu pro investora. Obecně je lze rozdělit do dvou základních skupin, a to na hmotné (nemovitosti, stroje), nehmotné (know-how) a finanční (akcie, dluhopisy, peněžní vklady). Během rozhodování o budoucí investici musí investor brát ohled na tři základní kritéria, která tvoří takzvaný magický trojúhelník investora – výnosnost (rentabilita), riziko a likvidita (čas, po který bude investor splácet svoje závazky). Jako zdroje financování investic mohou být použity vlastní zdroje (nejčastěji zisk nebo odpisy), externí vlastní zdroje (rizikový kapitál) nebo cizí zdroje (úvěry, leasingy a další). Ideální investice by byla taková, která by měla vysokou výnosnost s minimálním rizikem a byla by, co nejdříve zaplácena. Avšak reálně tento stav není možný, jelikož se uvedená kritéria navzájem ovlivňují a při zlepšení jednoho dojde k zhoršení jiného. [78], [128]



22. Pyramida bezpečnosti investičních příležitostí [78]

Co se týče metod pro hodnocení investic, tak ty lze rozdělit do dvou základních skupin:

- Statické – nezahrnují faktor rizika a času, využívají se pro zhodnocení projektů s nízkým faktorem rizika a krátkou životností

- Výnosnost investic ROI

- $ROI = \frac{EBT}{\text{celkový kapitál (aktiva)}}$

- Doba návratnosti – představuje dobu nutnou pro zaplacení celkových kapitálových nákladů na investici jejími čistými výnosy a měla by být kratší než polovina doby životnosti investice

- $TN_p = \frac{IN}{CF}$

- Dynamické (zahrnují časovou hodnotu)

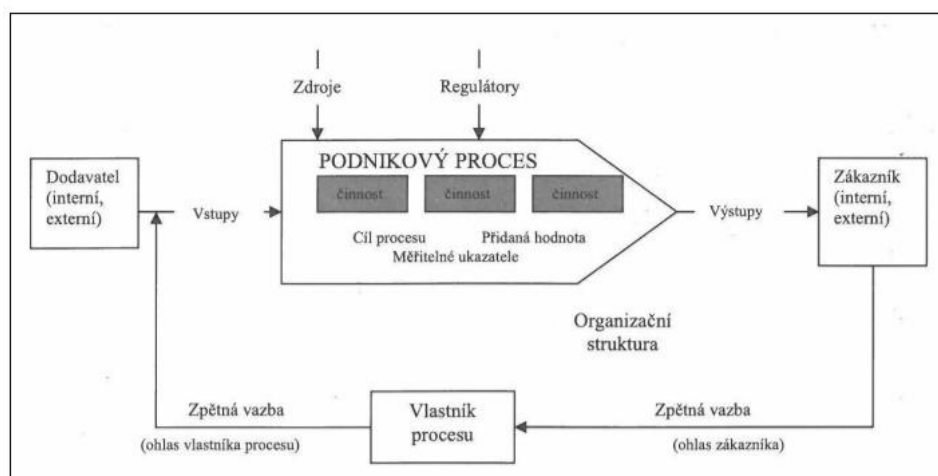
- Metoda čisté současné hodnoty (ČSH)
 - Metoda vnitřního výnosového procenta (VVP)
 - Metoda EVA [78], [128]

5 Hlavní dosažené výsledky

V uvedené kapitole jsou představeny hlavní dosažené výsledky disertační práce. Kapitola začíná nejprve popisem návrhu samotné metodiky a dále je zde navázáno na řešení a ověření jednotlivých dílčích částí této metodiky.

5.1 Návrh metodiky

Jak již bylo popsáno ve druhé kapitole hlavním cílem disertační práce, je zpracování návrhu metodiky, která by sloužila pro posouzení digitální transformace podniků, jejichž podnikání je zaměřeno na elektrotechnickou výrobu. Na základě provedené rešerše bylo zjištěno, že většina publikací a studií je zaměřena buď na jednotlivé technologie, nebo se zabývá pouze určitými oblastmi v rámci digitální transformace a konceptu Průmyslu 4.0, tedy doposud neexistuje pro podniky ucelená metodika, která by jim napomohla v uvedené problematice. Navrhovaná metodika vychází z procesního přístupu, který byl představen v předchozí kapitole. Důvodem je, že podniky, které již uplatňují procesní řízení, mají již zmapované a nastavené procesy, tedy budou mít již potřebné informace a data, které jim napomohou při tvorbě digitálního modelu firmy, a tedy transformace pro ně bude snadnější a rychlejší. Dalším důvodem je i to, že procesní řízení má velké uplatnění v elektrotechnické výrobě, a to kvůli vysokým nárokům na kvalitu, spolehlivost a bezpečnost produktů. Dále tato disertační práce vychází z předpokladu, že podnik představuje komplexní systém, ve kterém jednotlivé zavedené změny v rámci podnikových procesů mají vliv na ostatní jeho části, viz obecné schéma procesu.



23. Obecné schéma procesu [129]

Například zavedením internetu věcí (IoT), kyberneticko-fyzického systému a digitalizace do průmyslových procesů se změní nejen informační tok, ale i celá komunikační a organizační struktura. Dopady budou samozřejmě i na lidské zdroje, jelikož implementací nových technologií bude zapotřebí kvalifikovaného personálu pro jejich řízení a díky tomu budou vznikat nové profese, a naopak některé zcela zaniknou. Zavedení nových technologií do výroby bude mít navíc i vliv na používané standardy (regulátory procesu), které bude nutné zrevidovat a aktualizovat. Ostatně tyto změny budou mít vliv i na chápání hranic procesů a klasifikaci procesů. Některé současné podpůrné procesy se mohou stát naopak řídicími a také vzniknou zcela nové procesy, bez kterých by se inteligentní továrna nedokázala obejít. Z těchto důvodů je nutné z hlediska implementace digitální strategie a konceptu Průmyslu 4.0 zohlednit všechny možné aspekty a jejich vzájemný vliv a uvědomit si, že implementace konceptu by měla mít vzhledem k rozsáhlosti a dopadům na podnik a jeho fungování spíše charakter postupných změn než radikálního přestavění celého současného podniku a především výroby.

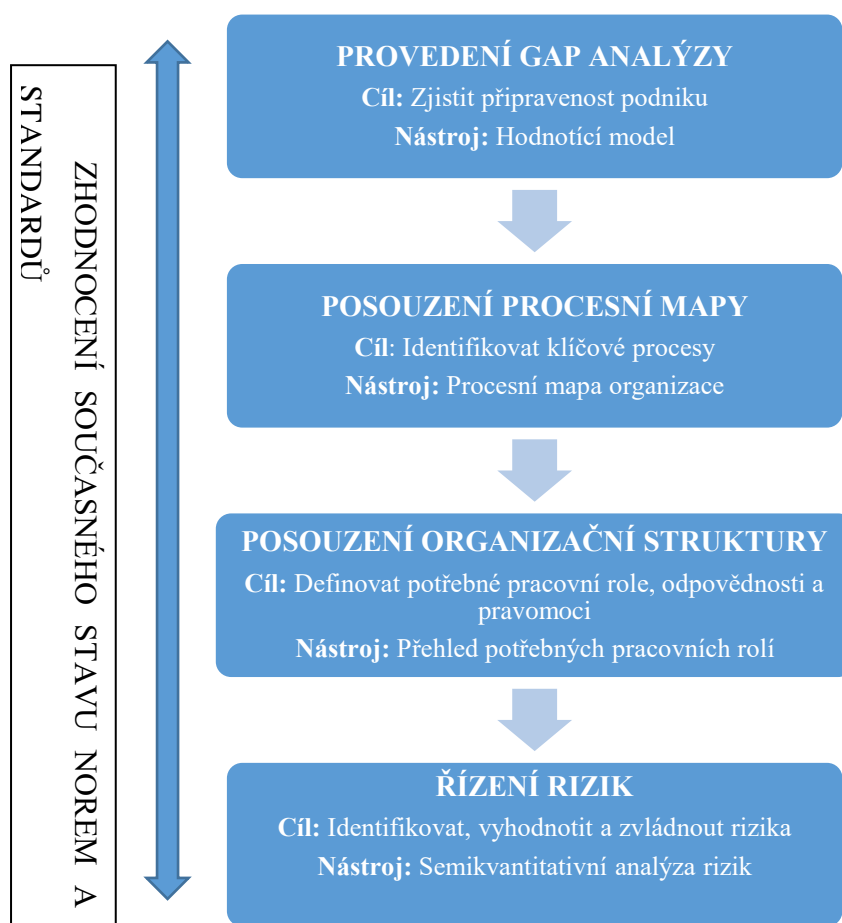
Shrnutí:

- Navrhovaná metodika vychází z procesního řízení, protože:
 - Popsané a zmapované podnikové procesy umožní snadnější a rychlejší transformaci podniku
 - Procesní řízení je v elektrotechnických podnicích velmi používané z důvodu vysokých nároků na kvalitu, spolehlivost a bezpečnost produktů

- **Předpoklady**
 - Digitální transformace a implementace konceptu Průmyslu 4.0 bude postupná vzhledem k její rozsáhlosti, změnám a dopadům na podniky
 - Některé podniky nebudou potřebovat dosáhnout nejvyšší úrovně z hlediska konceptu Průmyslu 4.0 (velikost podniku, zaměření podnikání atd.)

- **Podmínky**
 - Metodika by měla být aplikovatelná na malé, střední i velké podniky
 - Metodika by měla být následně použitelná i pro jiné obory podnikání nejen pro obor elektrotechnika

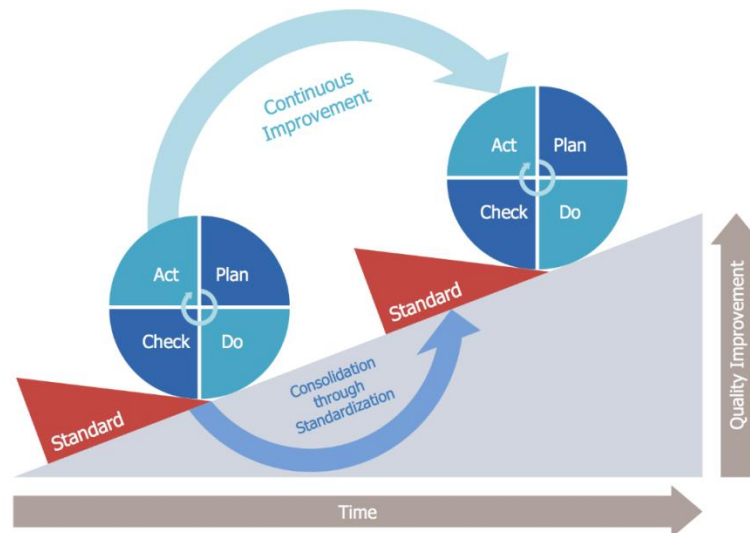
Co se týká navrhované metodiky, ta se skládá z několika dílčích kroků, které jsou zobrazeny na následujícím obrázku.



24. Popis jednotlivých částí navržené metodiky

V praxi by navržená metodika měla přispět v oblasti manažerského plánování a rozhodování, takže je především určena jako pomocný nástroj pro manažery, kteří mají na starost implementaci digitalizace nebo konceptu Průmyslu 4.0, tedy například pro manažera digitalizace. Protože metodika vychází z procesního řízení, tak by měla být uplatnitelná v rámci PDCA cyklu, který se skládá ze čtyř základních kroků a používá se pro řízení a postupné zlepšování procesů:

1. P (Plánuj) – analýza současného stavu, stanovení cílů a potřebných zdrojů
2. D (Dělej) – realizace opatření pro zlepšení a pozorování systému
3. C (Kontroluj) – analýza dosažených výsledků a porovnání s definovanými cíli
4. A (Jednej) - úspěch – standardizování řešení
- neúspěch – začátek nového PDCA cyklu



25. PDCA cyklus [130]

V rámci PDCA cyklu by se navrhovaná metodika měla nejprve použít v prvním kroku P (plánování) pro analýzu současného stavu a stanovení cílů podniku. Na základě navržené metodiky může totiž manažer a vedení podniku nejen zjistit, na jaké současné úrovni se nachází z hlediska připravenosti na koncept Průmyslu 4.0, ale dále mohou být pomocí dalších kroků metodiky stanoveny cíle, kterých chce podnik dosáhnout. Metodika totiž napomůže v identifikaci potřebných procesů a změn souvisejících s pracovními rolami, které je nutné zavést, aby se daná společnost přiblížila vizi, které chce z hlediska implementace digitální strategie a konceptu Průmyslu 4.0 dosáhnout a dále i v identifikování a vyhodnocení rizik, které s sebou implementace přináší. Následně by měl být ještě posouzen současný stav norem a standardů, které podnik používá, a to z důvodu, že změny, které mají být realizovány mohou mít dopad i na danou oblast. Protože uvedená metodika má sloužit pouze jako pomocný nástroj, tak není jejím cílem přesně společnosti určovat, které procesy a potřebné pracovní role mají být kdy zavedeny, toto hlavní rozhodnutí je vždy ponecháno na vedení společnosti nebo na pověřené osobě za danou firmu, která uvedenou metodiku využije.

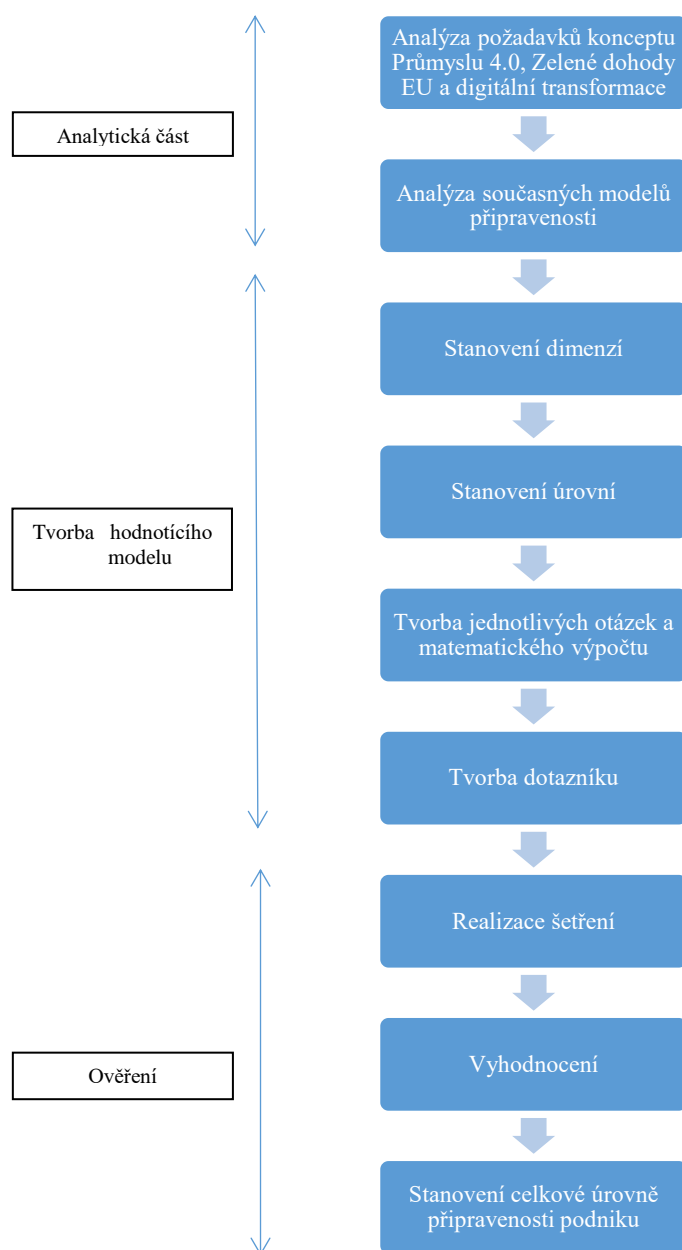
Poté by na základě vyhodnocených dat měly být stanoveny cíle a opatření, které mají být realizovány, provedena finanční analýza a připraven plán implementace. Pak by se již mělo přejít k dalšímu kroku PDCA cyklu D (Dělej) a měla by být na základě implementačního plánu realizována opatření a nově implementovaný proces by měl být po určitou dobu pozorován a měřen, aby na základě těchto dat mohlo být poté provedeno ověření, že realizované změny byly pro podnik skutečně přínosné a bylo dosaženo

požadovaných cílů nikoliv naopak, že došlo k zhoršení. Z tohoto důvodu by následně měla být v rámci dalšího kroku C (kontrola) znovu použita navržená metodika, ale v opačném sledu. Tedy nejprve by měla být provedena znovu analýza rizik, která by byla porovnána s původní analýzou rizik provedenou v rámci plánování. Tímto srovnáním lze zjistit, zda nedošlo naopak k zvýšení identifikovaných rizik, ale skutečně k jejich snížení nebo zcela zamezení. Poté by měla být provedena kontrola organizační struktury a pracovních rolí, zda je implementovaný proces dostatečně personálně zajištěn, zda má jasně stanoveného vlastníka a zda jsou dostatečně určeny jeho pravomoci a odpovědnosti. Následně by mělo být provedeno posouzení procesní mapy, zda byly veškeré změny promítnuty i do procesní mapy organizace, a nakonec by měla být znovu provedena GAP analýza pro zjištění, zda uvedené změny napomohly společnosti ke zvýšení potřebné úrovně z hlediska implementace digitální strategie a konceptu Průmyslu 4.0.

5.1.1 GAP analýza současného stavu podniku – návrh hodnotícího modelu

V rámci navržené metodiky musí být nejprve provedena a zpracována GAP analýza, jejímž cílem je zhodnocení současného stavu podniku. Tyto informace jsou nejen nezbytné pro lepší představu o současném stavu podniku, ale také pro další rozhodování ohledně budoucích cílů, kterých chce podnik dosáhnout. Pro uvedené zhodnocení byl navržen a vytvořen vlastní hodnotící model, který má sloužit jako pomocný nástroj manažerům při analýze současného stavu a úrovně připravenosti podniku z hlediska implementace digitální transformace a konceptu Průmyslu 4.0. Co se týká postupu tvorby hodnotícího modelu, tak ten lze rozdělit na tři základní části – analytickou, tvorbu samotného hodnotícího modelu a ověření. V rámci analytické části byla nejprve provedena rozsáhlá rešerše a analýza současných literárních zdrojů a případových studií, které se týkaly digitální transformace, požadavků konceptu Průmyslu 4.0 a Zelené dohody EU. Následně byla ještě zpracována rešerše současných modelů připravenosti podniků na zmíněné koncepty. Na základě zjištěných informací byl vytvořen hodnotící model, nejdříve byly stanoveny jednotlivé dimenze a úrovně, poté byly zpracovány jednotlivé otázky dimenzí, následně byl definován matematický vzorec a postup pro výpočet a poté byl vytvořen formulář (dotazník) pro zaznamenání otázek. Na závěr bylo realizováno ověření použitelnosti hodnotícího modelu, které bylo provedeno ve spolupráci s praxí, během kterého byly vyhodnoceny odpovědi respondentů (elektrotechnických podniků) a byla stanovena jejich celková úroveň

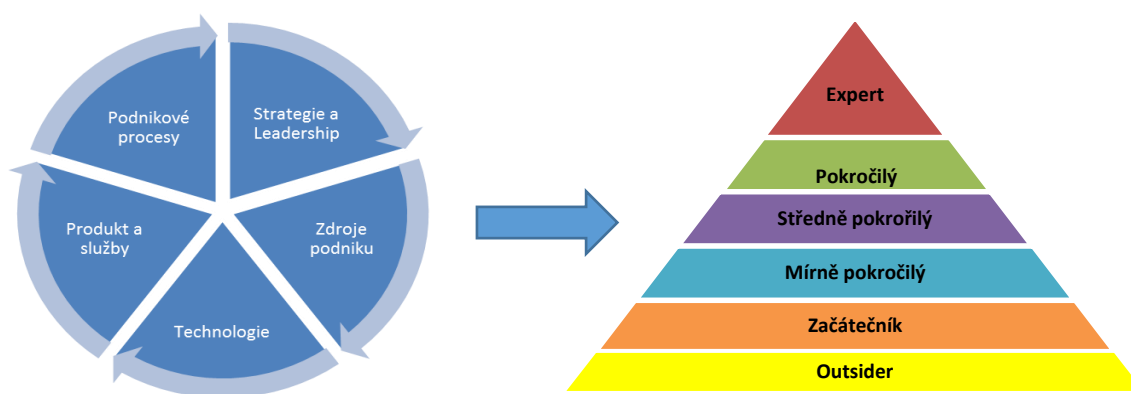
připravenosti. Jednotlivé kroky postupu tvorby hodnotícího modelu jsou zobrazeny na následujícím obrázku.



26. Postup tvorby hodnotícího modelu (vlastní zpracování)

Jak vyplynulo z provedené rešerše, tak hlavní nedostatky současných zralostních modelů a modelů připravenosti jsou, že většina těchto modelů je zaměřena pouze na posouzení připravenosti podniku z hlediska digitalizace nebo konceptu Průmyslu 4.0 a nezahrnují problematiku udržitelné a zároveň šetrné výroby k životnímu prostředí, jenž

vychází z požadavků Zelené dohody EU. Dále některé analyzované modely jsou především určeny pro využívání v oblasti automotive. Další nevýhodou některých modelů je jejich rozsáhlost nebo i složitost, a naopak v některých případech jsou v modelech nedostatečně stanoveny dimenze pro posouzení celého podniku. Z těchto důvodů bylo cílem vytvoření hodnotícího modelu, který by nebyl příliš rozsáhlý a zároveň by obsahoval dostatečné množství dimenzí pro posouzení celého podniku a zahrnoval i otázky, které souvisí se šetrnou výrobou vycházejí z požadavků Zelené dohody EU. V rámci stanovení dimenzí bylo vycházeno nejenom z problematiky procesního řízení, ale také z teorie makro, mikro a vnitřního prostředí společnosti a modelů používaných pro zhodnocení těchto prostředí jako jsou PESTLE analýza, Porterův model nebo model „7S“. Na základě těchto všech informací a modelů bylo stanoveno celkem pět dimenzí pro posouzení podniku, které jsou zobrazeny na následujícím obrázku – strategie a leadership, zdroje podniku, technologie, produkt a služby a podnikové procesy.



27. Jednotlivé dimenze a úrovně metodiky (vlastní zpracování)

Protože je předpokládáno, že z důvodu rozsáhlosti a dopadů na podnik nelze realizovat digitální transformaci a koncept Průmyslu 4.0 jako radikální celkovou změnu najednou, ale naopak postupným zaváděním jednotlivých fází a implementací jednotlivých technologií nebo systémů, tak z tohoto důvodu bylo definováno pět úrovní, které v podstatě slouží k popisu jednotlivých fází implementace. Nejnižší úroveň, která může být dosažena je úroveň nazvaná Outsider a představuje úplnou nepřipravenost společnosti na digitální transformaci a koncept Průmyslu 4.0 a je tudíž hodnocena jako dosažení 0 %, aby podnik dosáhl vždy další úrovně, tak je zapotřebí zvýšení připravenosti daného podniku o 20 %. Jednotlivé definované úrovně jsou detailněji popsány v následující tabulce.

Úrovně	Popis
Outsider (0 %)	Firma nemá přehled o procesech firmy, nemá zavedený systém řízení výroby (např. ERP), pasivní internetová přítomnost, veškeré dokumenty jsou vedeny papírovou formou, nemá stanoveny strategie zavedení Průmyslu 4.0 a Zelené dohody, firma dodržuje základní standardy související s životním prostředím
Začátečník (0≤20 %)	Firma má povědomí o procesech a jejich řízení, má zavedený ERP systém, internetová přítomnost, dokumenty jsou vedeny digitální formou, stanovena strategie pro zavedení Průmyslu 4.0, zaměstnanci jsou seznámeni se strategií firmy a již jsou proškoleni v problematice procesního řízení, začíná nábor nových zaměstnanců/případně proškolení současných na systémy, které chce firma v budoucnu implementovat, firma má provedenou analýzu z hlediska životního prostředí (změřeny vyprodukované emise, plýtvání energiemi/vodou, zateplení budovy) a připravenou strategii pro splnění podmínek Zelené dohody
Mírně pokročilý (20 %≤40 %)	Firma monitoruje a sbírá data o procesech pomocí senzorů a IoT, provádí projekty spojené se stanovenou strategií Průmyslu 4.0 - probíhá dílčí automatizace výroby, systém ERP se propojuje s dalšími systémy výroby, nábor nových zaměstnanců/případně proškolení současných na problematiku analýzy Big Dat a digitalizace. Firma začíná investovat do projektů a technologií souvisejících se šetrností k životnímu prostředí a snížení emisí na 50 %
Středně pokročilý (40 % ≤60 %)	Integrovaná automatizace, vytvořen digitální obraz procesu na základě sběru dat, data logicky propojena a integrují spolu se systémy řízení. Jednotlivé činnosti jsou kontrolovány a řízeny na základě datových výstupů z předešlých operací. Provádí se projekty spojené se stanovenou strategií – cílem je horizontální integrace veškerých procesů ve firmě, od příjmu materiálu až po expedici hotového výrobku. Probíhá nábor nových zaměstnanců/případně proškolení současných zaměstnanců, pokračování v implementování projektů pro snížení emisí na úroveň 30%
Pokročilý (60≤80 %)	Provádí se závěrečné projekty se stanovenou strategií – propojení digitálního dvojčete s reálným procesem (probíhají digitální simulace a nastavení funkčnosti). Probíhá vertikální integrace procesů a systémů, společnost začíná využívat digitální diagnostiky pro předvídaní poruch a neshod v systémech, probíhá nábor nových zaměstnanců/případně proškolení současných zaměstnanců, pokračování v implementování projektů pro snížení emisí na úroveň 10 %
Expert (80≤100 %)	Stanovená strategie implementována, samořízená výroba (zařízení a systémy autonomně se rozhodují a provádějí optimalizace procesů na základě Big Dat), digitální dvojčete procesu se chová stejně jako reálným proces. Firma má dostatek kvalifikovaných zaměstnanců pro chod společnosti, kteří jsou obeznámeni s vizí a misí společnosti. Firma splňuje podmínky Zelené Dohody (0 % emisí) a dodržuje normy v oblasti životního prostředí.

5.1.2 Hodnotící formulář

Aby bylo osloveno, co nejvíce respondentů a zároveň bylo vyplňování hodnocení pro respondenty nebo budoucí uživatele jednodušší a snadněji zjistili úroveň připravenosti jejich podniku, tak byl vytvořen k navržené metodice hodnotící formulář, který byl vytvořen stejným způsobem jako se vytváří strukturovaný dotazník, a to přes aplikaci GoogleForms. Uvedený hodnotící formulář obsahuje celkem 11 sekcí. V první sekci jsou pro respondenty popsány pouze základní informace, které se týkají popisu hodnotícího formuláře, jeho účelu, časové náročnosti na vyplnění a dále údaje o odpovědné/kontaktní osobě, která formulář vytvořila. Poté následuje sekce, která je zaměřena na vyplnění základních informací o daném podniku. Tyto údaje především slouží pro zařazení podniku dle oboru podnikání, velikosti podniku, a zda daný podnik zná koncept Průmyslu 4.0 a plánuje či neplánuje jeho zavedení. Součástí uvedené sekce je i otázka, jaká je pracovní pozice respondenta, který formulář za podnik vyplňuje. Tato otázka je pro vyplnění dotazníku velmi důležitá, jelikož pracovní pozice samozřejmě ovlivňuje i znalosti, které daný respondent o podniku má. Cílem tedy je, aby hodnotící formulář vyplňovali především zaměstnanci podniku, kteří jsou ve funkci ředitele, jednatele, manažera nebo vedoucího výroby podniku, protože ti většinou mají největší přehled o daném podniku a jeho fungování.

Další část hodnotícího formuláře je určena pouze pro respondenty, kteří v předchozí části uvedou, že koncept Průmyslu 4.0 buď znají nebo neznají, ale především ho nechtějí v podniku vůbec implementovat. Tato sekce tedy obsahuje pouze otázku, z jakého důvodu nechtějí daný koncept zavádět a po vyplnění je hodnotící formulář ukončen. Pokud, ale respondenti zadají, že koncept Průmyslu 4.0 sice neznají, ale přesto chtějí provést zhodnocení připravenosti jejich podniku, tak budou nejprve přesměrováni na navazující sekci, která má sloužit pouze pro informování, co to je koncept Průmyslu 4.0 a poté po mohou přejít na samotné vyplňování hodnotících otázek. Stejně jako respondenti, kteří uvedou, že koncept Průmyslu 4.0 mají v plánu implementovat nebo jsou již ve fázi implementace nebo dokonce koncept Průmyslu 4.0 mají z jejich pohledu již zavedený, tak budou přesměrováni rovnou na sekci pět. Uvedená sekce obsahuje pouze obecné otázky, které slouží k zjištění názoru respondentů na koncept Průmyslu 4.0. Navazující sekce je již zaměřena na dotazy z první dimenze nazvané strategie a leadership. Cílem této dimenze je zjistit, jaké mají podniky již zavedené standardy, zda mají stanovený plán kontinuity podnikání a hlavně, v jaké fázi definování strategie konceptu Průmyslu 4.0 se právě nachází

a zda tato strategie obsahuje i plán případné reorganizace podniku a jsou v ní zahrnuty i požadavky Zelené dohody EU.

Strategie a Leadership

9. Aplikujete ve firmě standardy systému řízení? *

	Ano, standard máme zavedený a certifikovaný	V současné době zavádíme	Ne, ale plánujeme zavedení uvedeného standardu	Standard nemáme zavedený ani neplánujeme zavádět	Nevím/Nemám informaci
Kvality	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bezpečnosti práce	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Environmentální	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kybernetická bezpečnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10. Máte stanovený plán kontinuity podnikání? *

Ne, plán kontinuity podnikání vůbec stanovený nemáme

Ne, ale plánujeme jeho přípravu

V současné době jsme ve fázi tvorby/stanovení plánu kontinuity podnikání

Plán kontinuity již máme stanovený

Nevím/Nemám informaci

28. Ukázka hodnotícího formuláře – část ze sekce strategie a leadership (vlastní zpracování)

Následující sekce hodnotí zdroje podniku, tedy jak jsou na tom podniky z hlediska finančních a lidských zdrojů a potřebného vybavení. Dotazy týkající se lidských zdrojů mají posoudit nejen, zda daný podnik má určité pracovní role nezbytné pro fungování chytré továrny, ale i z hlediska školení zaměstnanců. Další sekce slouží pro hodnocení technologií, které jsou nezbytné pro implementaci konceptu Průmyslu 4.0. Hlavním cílem této sekce je zjistit, v jaké fázi se v současné době daný podnik nachází z hlediska implementace těchto technologií. Navazující sekce je zaměřena na dotazy ohledně produktu a služeb daného podniku, tedy cílem je zjistit, do jaké úrovně je podnik schopen vyrábět individuální produkt dle požadavků zákazníka, jak probíhá samotná výroba produktu, jakým způsobem je zajištěna komunikace s dodavateli a zákazníky. Součástí je i zhodnocení opatření, které souvisejí s výrobou šetrnou k životnímu prostředí. Podniky si totiž musí uvědomit, že využívání a recyklace šetrných materiálů a zdrojů je v současné době nutné a v budoucnu

bude zřejmě i nevyhnutelné. Poslední sekce je věnována zhodnocení úrovně digitalizace jednotlivých podnikových procesů a dále jejich propojení s informačními systémy podniku, neboť bez digitalizovaných procesů nebude nikdy možné naplnit cíle konceptu Průmyslu 4.0, tvoří totiž jeho základ. Všechny otázky z hodnotícího formuláře jsou uvedeny v příloze C.

5.1.2.1 Stanovený matematický postup a výpočet

Pro vyhodnocení formuláře a zjištění připravenosti podniků byl stanoven následující postup a matematický výpočet:

1. Stanovení procentuálních vah (%) jednotlivých dimenzí

TABULKA VII. ROZDĚLENÍ PROCENTUÁLNÍ VÁHY MEZI JEDNOTLIVÉ DIMENZE

Dimenze	Stanovená váha dimenze
Strategie a Leadership	15 %
Zdroje podniku	25 %
Technologie	20 %
Produkt a služby	20 %
Podnikové procesy	20 %

2. Rozdělení stanovené váhy dimenze mezi otázky v rámci dané dimenze (otázky z dotazníku včetně procentuální váhy jsou uvedeny v příloze B)
3. Stanovení bodového hodnocení pro jednotlivé otázky
4. Výpočet maximálně možných dosažených bodů za danou otázku
5. Obodování odpovědí respondentů dle stanovených bodů
6. Výpočet připravenosti podniku dle matematického vzorce

Pro výpočet byl použit matematický vzorec:

$$w_1 \times \frac{n_{11}}{n_1^{max}} + w_2 \times \frac{n_{21}}{n_2^{max}} + \dots + w_K \times \frac{n_{K1}}{n_K^{max}}$$

$$\sum_{i=1}^K w_i = 1$$

Označení otázky – o_1, o_2, \dots, o_K K... číslo otázky

$i=1,2,\dots,K$

Označení respondentů - p_1, p_2, \dots, p_N N..číslo respondenta (společnosti)

$j=1,2,\dots,N$

n_{ij} ... počet bodů z i-té otázky pro j-tého respondenta (společnost)

n_i^{\max} ... max. počet bodů, které lze získat z i-té otázky

w_i – váha i-té otázky (%) $w_i \in \langle 0; 1 \rangle$

TABULKA VIII. POPIS JEDNOTLIVÝCH SLOŽEK MATEMATICKÉHO VZORCE

		J	
		Podnik 1	Podnik 2
i	Otázka 1	n ₁₁	n ₁₂
	Otázka 2	n ₂₁	n ₂₂
	Otázka 3	n ₃₁	n ₃₂
	...		
	...		
	Otázka K	n _{K1}	n _{K2}

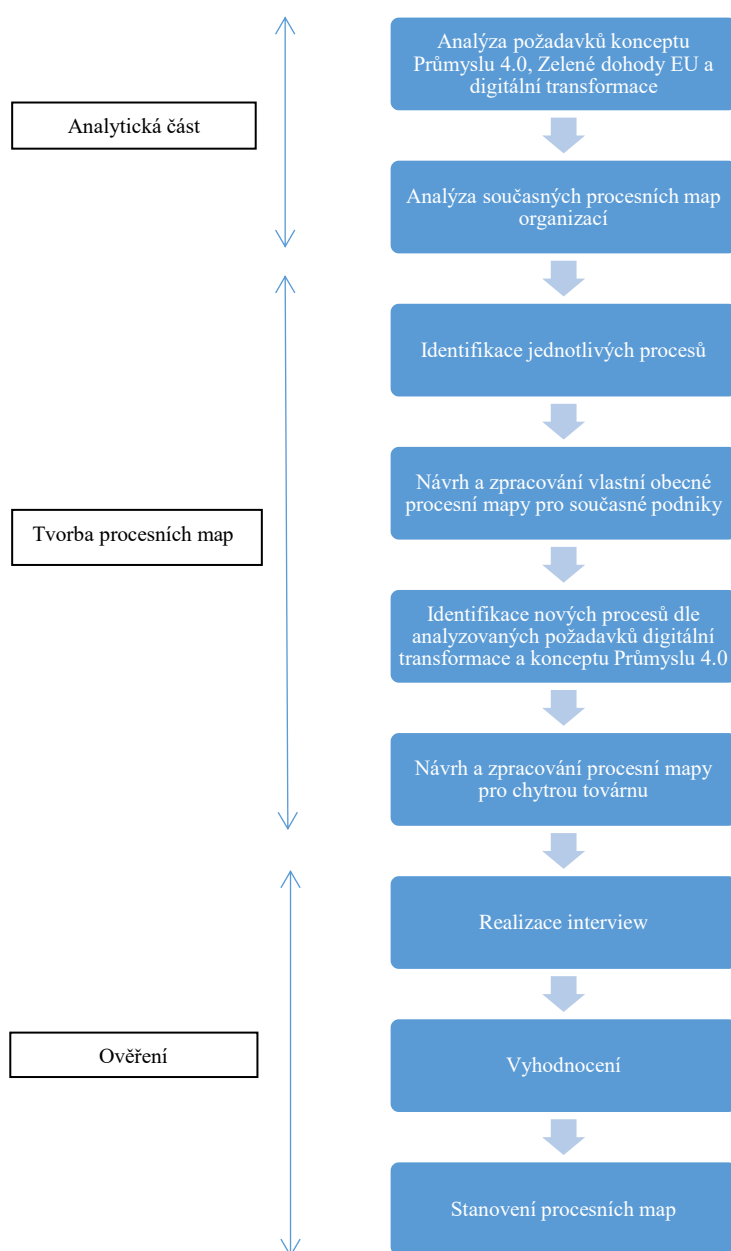
7. Zařazení podniku dle výsledku do jedné z úrovně připravenosti dle obr. XXVII

5.1.3 Posouzení procesní mapy organizace

Cílem provedené GAP analýzy bylo stanovit současný stav připravenosti daného podniku na digitální transformaci a koncept Průmyslu 4.0. Následně by tedy na základě těchto dat mělo vedení podniku zvážit, zda zjištěná úroveň připravenosti je pro daný podnik postačující či ne. Pokud zjištěná úroveň připravenosti daného podniku nebude pro vedení postačující, tak by mělo být postoupeno k dalšímu kroku navržené metodiky. Protože metodika vychází z procesního řízení, tak i z tohoto důvodu je dalším navrženým krokem posouzení současného stavu procesů a identifikování potřebných/klíčových procesů, které by měly být implementovány, a to na základě porovnání vlastní mapy procesů daného podniku s navrženou procesní mapou.

Pro posouzení byly navrženy dvě procesní mapy a to, obecná procesní mapa „současného podniku“ a procesní mapa „chytré továrny“. Důvodem vytvoření obecné procesní mapy „současného podniku“ je, že jedním ze stanovených předpokladů navržené metodiky bylo, že většina elektrotechnických podniků sice používá procesní řízení, avšak může existovat i firma, která procesní řízení nepoužívá a nemá tudíž stanovenou vlastní procesní mapu pro provedení srovnání. V takovém to případě má procesní mapa „současného podniku“ sloužit jako modelový příklad a zároveň k porovnání procesů. Na následujícím obrázku jsou popsány jednotlivé činnosti, které byly provedeny pro stanovení

zmíněných procesních map. Nejprve byla realizována analýza požadavků jednotlivých konceptů a modelů sloužících k popisu podnikových procesů. Poté byly identifikovány jednotlivé procesy, na jejichž základě byl vytvořen model procesní mapy „současného podniku“, dále byla dle literární rešerše provedena identifikace nových procesů souvisejících s novými koncepty a byla vytvořena procesní mapa „chytré továrny“. Poté bylo realizováno ověření pomocí interview s vybranými odpovědnými osobami, na jehož základě bylo provedeno hodnocení vytvořených procesních map a identifikovaných procesů a poté byly stanoveny finální návrhy procesních map, které jsou dále v disertační práci popsány.



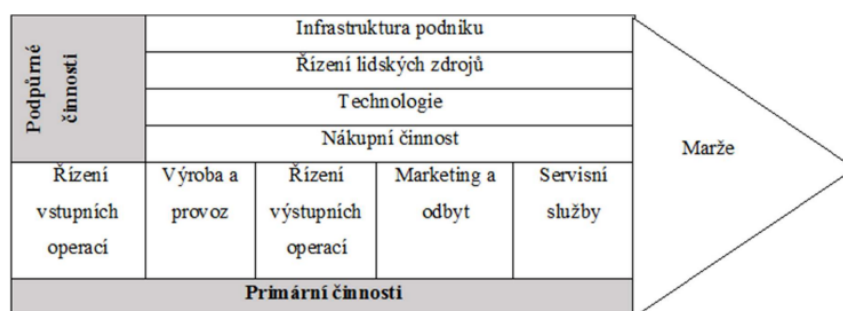
29. Postup tvorby procesních map (vlastní zpracování)

5.1.3.1 Návrh procesních map

Pro zpracování návrhu procesních map bylo využito literárních rešerše a dostupných podnikových modelů, dále popsanych v uvedené části disertační práce. Obecně mapa procesů nebo také procesní model firmy je označení přehledu procesů v organizaci nebo její části, a to na rozdíl od modelu procesu, což je pojem používaný pouze pro detailní popis jednoho konkrétního procesu. Mapa procesů může být na konceptuální úrovni univerzální a obvykle člení procesy dle přidané hodnoty v organizaci na:

- Hlavní procesy (Core processes) – v rámci těchto procesů je vytvářena přidaná hodnota (například – výroba)
- Řídící procesy – označují procesy, které jsou potřeba k řízení firmy
- Podpůrné procesy (Support Processes) – tvoří procesy potřebné pro zajištění hlavních procesů a fungování firmy

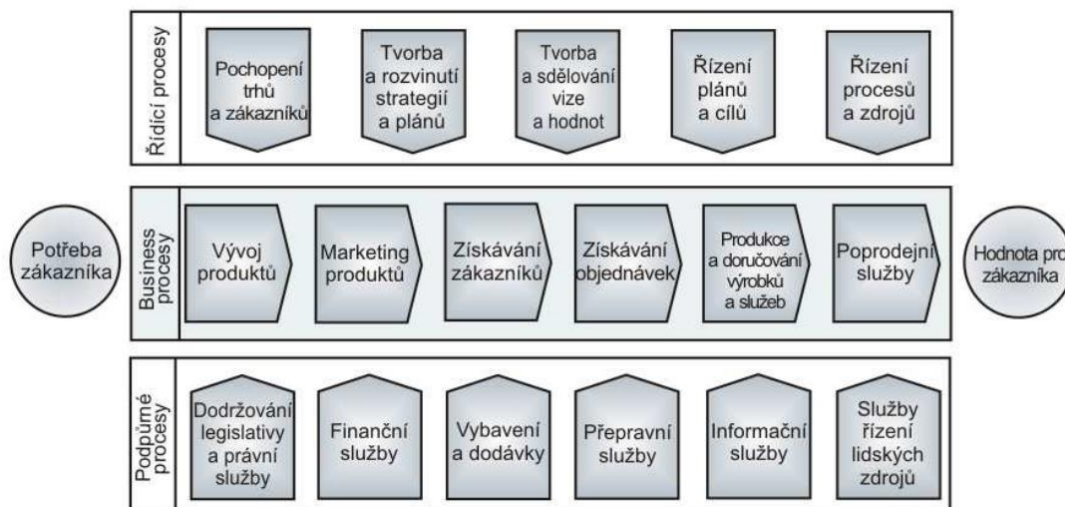
S uvedenou problematikou úzce souvisí i takzvaný hodnototvorný řetězec, který v podstatě označuje veškerý sled činností, jež daná firma vykonává, jako je konstrukce, prodej, dodávání nebo poprodejní servis produktů. Hodnototvorný řetězec tedy umožňuje podnikům rozložit svoje procesy na jednotlivé činnosti a prozkoumat jejich vzájemné vazby a identifikovat reálné nebo potenciální zdroje konkurenční výhody. Za základní rozdělení hodnototvorných činností lze považovat takzvané Porterovo rozdělení, dle kterého jsou procesy/činnosti navzájem propojeny horizontálními a vertikálními vazbami a lze je dělit na primární a podpůrné, viz následující obrázek.



30. Porterův model [131]

Jako další možný podnikový model lze uvést rozšířený procesní model organizace podle G.A.Palla, který zveřejnila na svých stránkách společnost ASQ (Americká společnost

pro kvalitu). Tento tzv. Pallův model dělí procesy již na řídicí, business a podpůrné a je zobrazen na následujícím obrázku.



31. Podnikový model procesů dle ASQ [132]

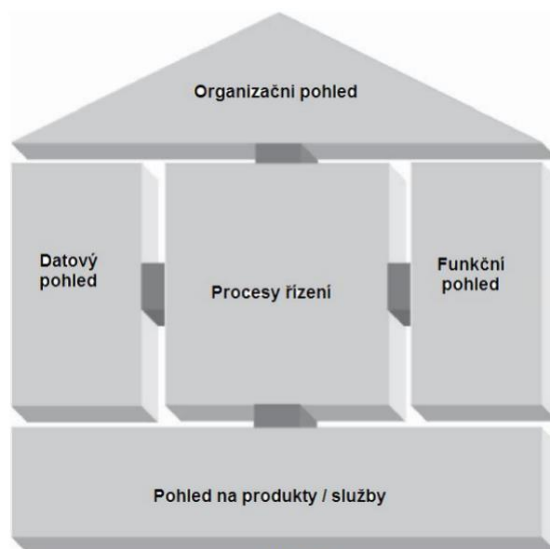
Avšak i v rámci konceptu nazvaného Balanced Scorecard, tak autoři Kaplan a Norton vytvořili a doporučili model, který má sloužit k popisu interního hodnototvorného řetězce. V rámci tohoto navrženého interního hodnototvorného řetězce jsou procesy rozděleny na inovační, provozní a poprodejní, viz následující obrázek.



32. Popis interního hodnototvorného řetězce [133]

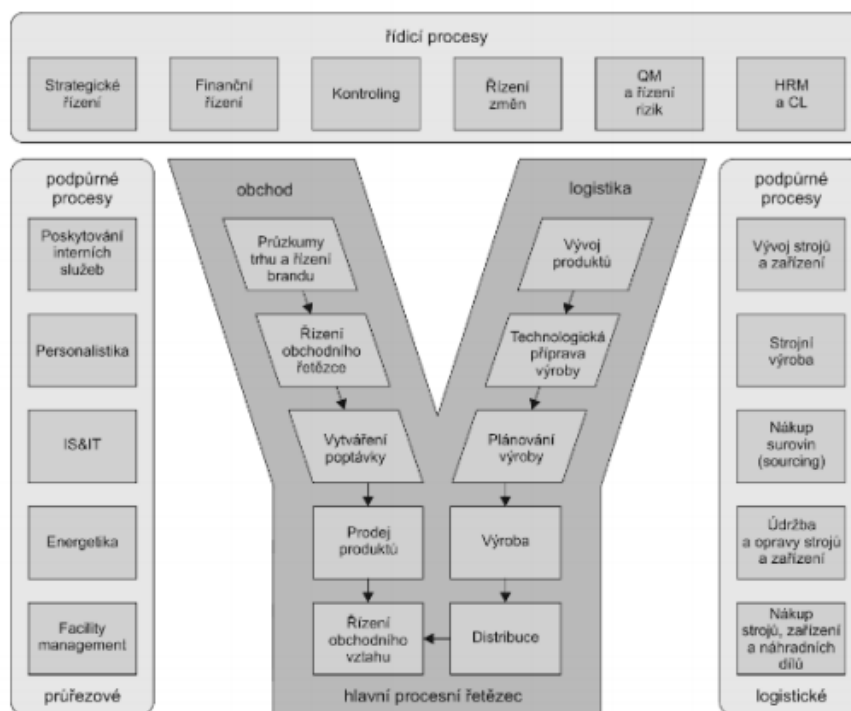
Ovšem existují i další podnikové modely a pojetí, dle kterých je možné k procesům různě přistupovat a rozlišovat je. Jedním z těchto příkladů může být takzvaný „Dům ARIS“, který je zobrazen na následujícím obrázku. Tento model podnikových procesů v podstatě používá pět základních pohledů, které vždy znázorňují určitou oblast modelování a dále tři úrovně popisu ve vztahu k implementaci informačních technologií. Důvodem tohoto členění je, že podnik je považován za komplexní a složitý systém a tímto řešením má dojít k redukci složitosti. Dle uvedeného modelu jsou pohledy rozděleny na organizační, datový, procesní,

funkční a produkty a služby. Co se týká popisu úrovní, tak ty zahrnují logický koncept, koncept zpracování dat a implementaci.



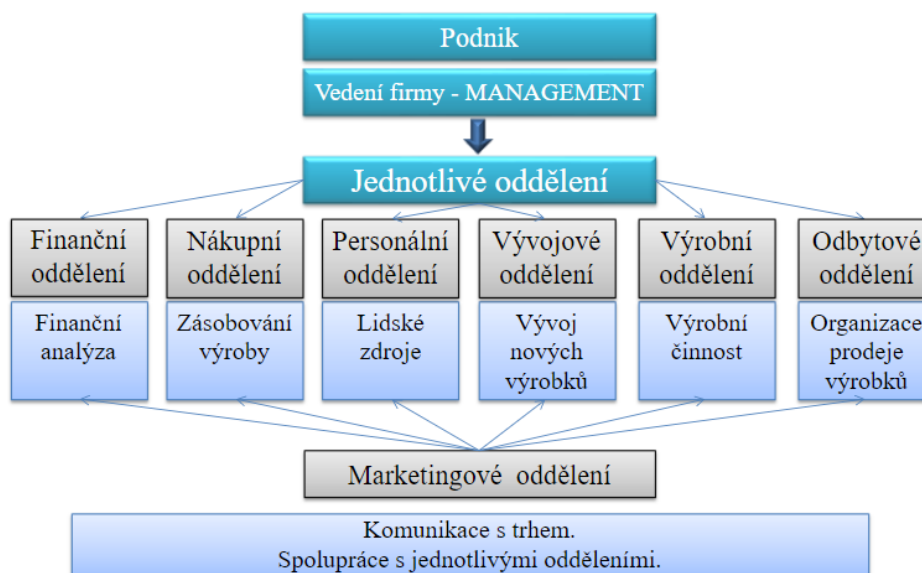
33. Dům ARIS [134]

Další způsob dělení procesů může být dle navrženého podnikového modelu od autorů Basl a Blažiček, který je znázorněn na následujícím obrázku. V uvedeném podnikovém modelu jsou totiž identifikované procesy nejen rozděleny na řídicí, hlavní a podpůrné, ale je zde dále specifikováno, které z těchto procesů jsou průřezové, čistě obchodní a logistické.



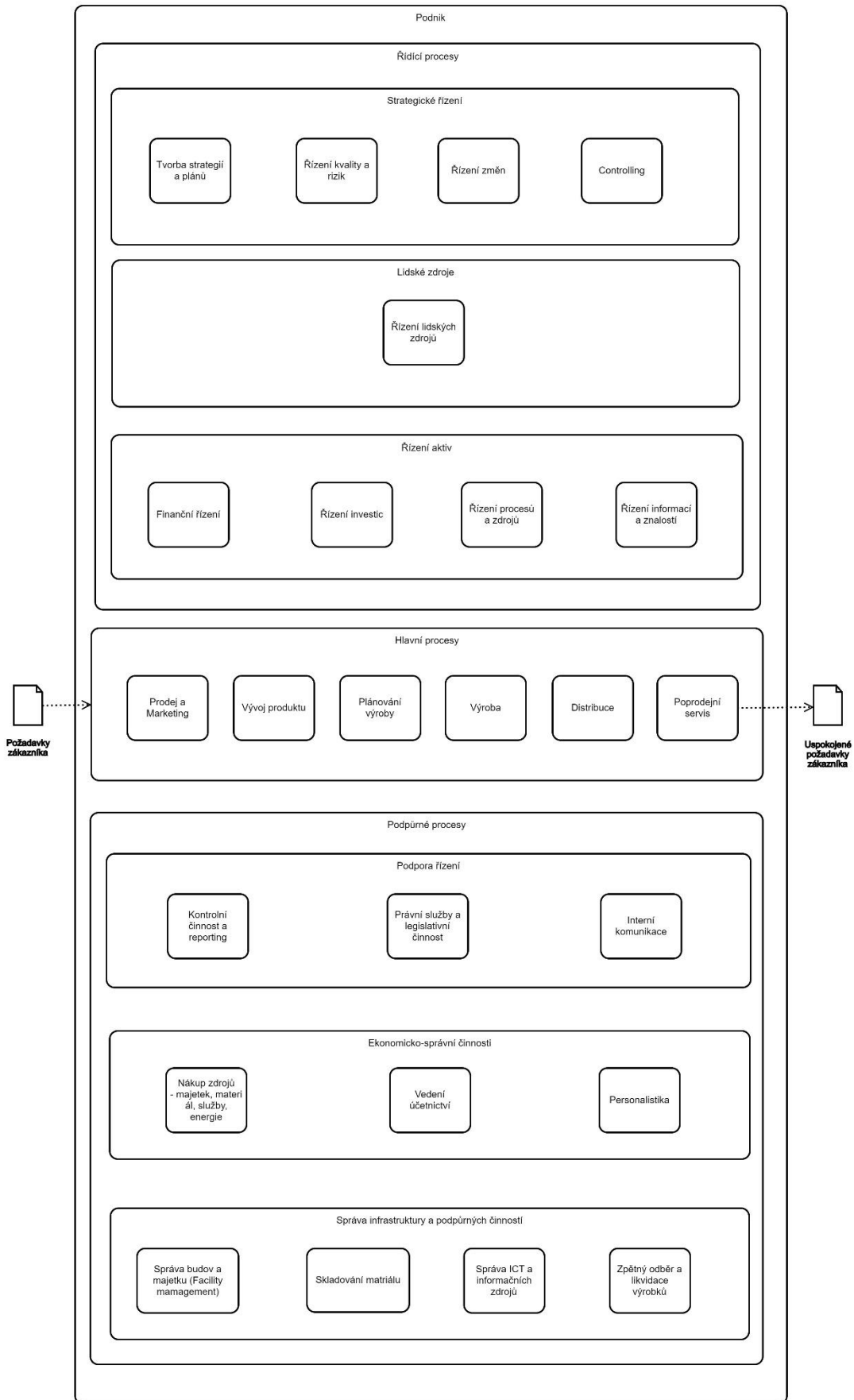
34. Model podniku dle autorů Basl a Blažiček [135]

Dalším podnikovým modelem, který byl použit pro identifikaci podnikových procesů a stanovení obecné procesní mapy „současného podniku“ je následující model, který v podstatě charakterizuje mikroprostředí podniku a dále hlavní činnosti/procesy dle jednotlivých základních oddělení, které by podnik mohl mít. Avšak jednotlivá oddělení se mohou u různých firem lišit, jelikož jsou vytvářeny dle potřeby samotnou firmou.



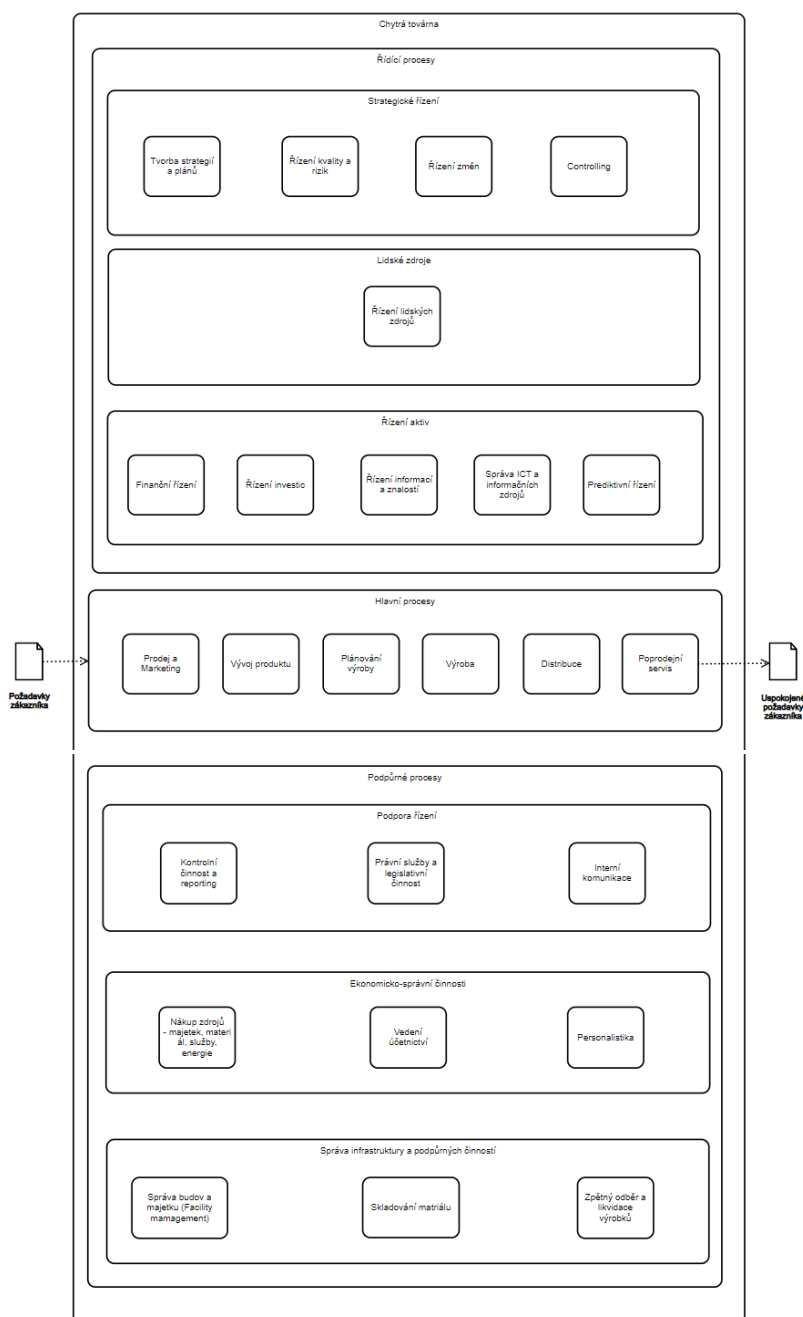
35. Model podnikových procesů rozdělený dle jednotlivých oddělení ([136])

Na základě uvedených možných přístupů a popisů podnikových procesů, byl vytvořen návrh vlastní obecné procesní mapy „současného podniku“, která by měla být použita v případě, pokud ji nemá firma stanovenou, a to jako modelový příklad pro tvorbu vlastní procesní mapy. Navíc uvedená procesní mapa „současného podniku“ byla vytvořena jako základ pro návrh procesní mapy takzvané „chytré továrny“ a také pro následné porovnání a zjištění, zda skutečně bude mít implementace digitální transformace a konceptu Průmyslu 4.0 vliv na vznik nových procesů, které budou mít dopad na současnou hierarchizaci procesů. V rámci navržené procesní mapy bylo zachováno základní dělení procesů na řídicí, hlavní a podpůrné. Řídicí procesy byly dále rozděleny na strategické řízení, lidské zdroje a řízení aktiv. Naopak podpůrné procesy byly rozčleněny na podporu řízení, ekonomicko-správní činnosti a správa infrastruktury a podpůrných činností. Poté byly identifikovány a přiřazeny jednotlivé procesy, a to na základě provedené rešerše a zmíněných podnikových modelů. Na následujícím obrázku je zobrazena vytvořená procesní mapa „současného podniku“, která byla zpracována pomocí grafického webového nástroje bpmn.io.



36. Obecný procesní model organizace (vlastní zpracování)

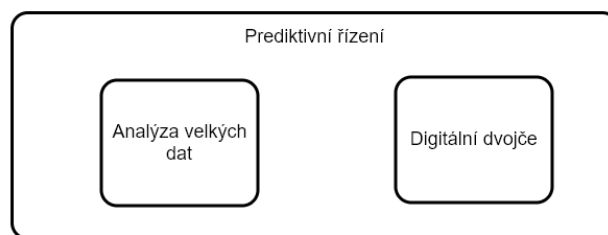
Následně na základě provedené literární rešerše byly identifikovány nové procesy a byla zpracována procesní mapa „chytré továrny“, opět pomocí grafického webového nástroje bpmn.io. Poté bylo provedeno srovnání navržených procesních map a byly určeny jednotlivé změny a také dopady na hierarchizaci procesů.



37. Část procesní mapy chytré továrny (vlastní zpracování)

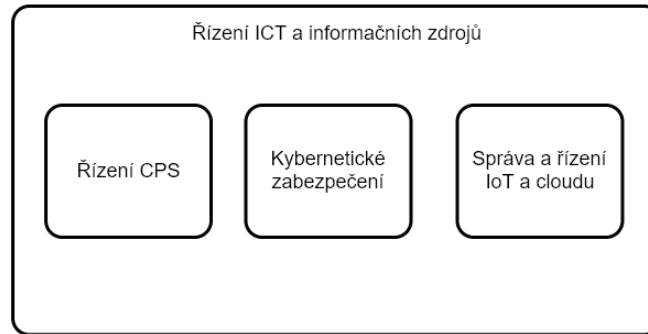
5.1.3.2 Srovnání procesních map

Pokud porovnáme procesní mapu „běžného podniku“ s „chytrou továrnou“, tak lze říci, že skutečně implementací nových technologií vzniknou i nové procesy, které budou mít dopad na hierarchizaci některých stávajících procesů, které dříve byly chápány jako podpůrné procesy, avšak pro chytrou továrnu budou naopak tvořit řídicí procesy, bez kterých by taková továrna nemohla fungovat. K těmto procesům budou patřit především procesy z oblasti prediktivního řízení a řízení ICT a informačních zdrojů. Naopak proces řízení procesů a zdrojů, které v běžném podniku vykonávají lidé s pomocí informačních systémů, tak se v rámci chytré továrny stane součástí skupiny procesů CPS, které bude tuto činnost samostatně zajišťovat. Na následujícím obrázku jsou zobrazeny procesy, které by se měly řadit do prediktivního řízení. Mezi tyto procesy byly zařazeny analýza velkých dat a digitální dvojče. Důvodem je, že analýza velkých dat je důležitá právě z hlediska predikce nějakých skutečností do budoucna. Data tvoří základ pro možnou predikci další vývoje, avšak je nutné zvolit z takového množství správná data, a proto jsou důležité analýzy velkých dat. Stejně tak digitální dvojče celé výrobní továrny bude napomáhat při rozhodování firmy, jedná se totiž o propojení veškerých procesů, a tak je vytvořen kompletní virtuální obraz produktů i samotné výroby. Pomocí digitálního dvojčete budou moci společnosti různě experimentovat, sledovat, předvídat, simulovat a rozhodovat různé situace v provozu v reálném čase.



38. Procesy prediktivního řízení

Dále procesy řízení ICT a informačních zdrojů patří v současné době k podpůrným procesům, které má zavedené každý podnik. Avšak v rámci chytré továrny budou představovat tyto procesy jedny z nejdůležitějších. Navíc i samotné procesy uvedené oblasti se změní a k současným procesům, které se týkají například správy informačních systémů nebo tvorby a správy webových stránek firmy, vzniknou a přibudou procesy jako je správa a řízení CPS, IoT a cloudu nebo kybernetické zabezpečení.



39. Procesy řízení ICT a informačních zdrojů

Co se týká samotné kroku navržené metodiky, tedy analýzy současného stavu procesů, tak by měla být provedena odpovědnou osobou za daný podnik v následujícím sledu činností:

- Vytvoření vlastní procesní mapy podniku, v případě, že není k dispozici.
- Porovnání vlastní procesní mapy podniku s navrženou obecnou procesní mapou „chytré továrny“. (Pokud podnik vytvářel novou vlastní procesní mapu, tak by mělo být porovnání nejprve provedeno s navrženou procesní mapou „současného podniku“ a následně až pak s procesní mapou „chytré továrny“.)
- Identifikace potřebných/klíčových procesů pro dosažení požadované úrovně připravenosti podniku z hlediska digitální transformace a konceptu Průmyslu 4.0 a vytvoření konkurenční výhody.

Avšak, aby byla společnost schopna vykonávat svoji činnost efektivněji, tak by měly být jednotlivé hodnototvorné činnosti/procesy sladěny s organizační strukturou dané společnosti. Z tohoto důvodu je dalším navazujícím krokem navržené metodiky posouzení organizační struktury.

5.1.4 Posouzení organizační struktury

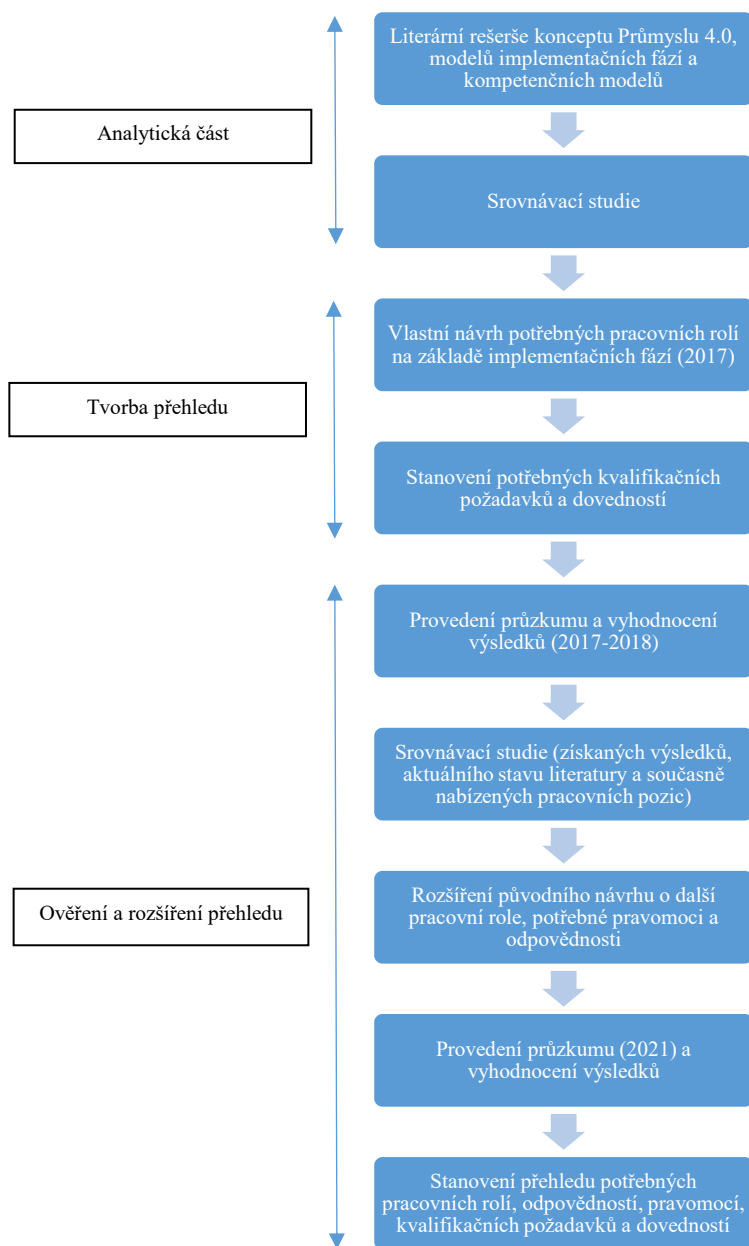
Vzhledem k tomu, že v rámci předchozího kroku měly být identifikovány klíčové procesy, které mají být implementovány, tak dalším krokem navržené metodiky je posouzení organizační struktury, jejímž cílem je definování potřebných pracovních rolí, jejich pravomocí a odpovědností. Důvodem je, že jak již bylo popsáno, tak v rámci prvního kroku PDCA cyklu plánování má být nejen provedena analýza současného stavu a stanoveny cíle podniku, ale mají být také definovány i zdroje potřebné pro dosažení výsledků. Uvedený

krok metodiky je i v souladu s procesním řízením, jelikož každý proces musí mít nejen jasné stanoveného vlastníka, tedy někoho, kdo za daný proces nese odpovědnost, ale i dostatečně zajištěné lidské zdroje, které zabezpečují jeho provoz. Implementací nových technologií totiž vzniknou nové procesy a dojde i ke změnám v hierarchii současných procesů, to bude mít za následek vznik nových pracovních rolí, ale také změny v odpovědnostech a pravomocech jednotlivých zaměstnanců, které možná v některých případech povedou až k celkové změně organizační struktury. Z tohoto důvodu byl na základě provedené analýzy vytvořen přehled identifikovaných pracovních rolí, které jsou nezbytné pro fungování chytré továrny. Tento přehled má společnosti napomoci nejen k snadnější identifikaci vlastníka procesu, který má být implementován, ale i k uvědomění si, zda ostatní pracovní role nebudou nutné pro zajištění provozu daného procesu. Následně je ještě doporučeno, aby byla odpovědnou osobou provedena analýza, zda nově stanovené pracovní role nebudou mít vliv i na změny v samotné organizační struktuře daného podniku. A v případě, že ano a tyto dopady budou rozsáhlejšího charakteru, tak zvážit, zda nebude nutné provést i celkovou změnu samotné organizační struktury.

5.1.4.1 Stanovení potřebných pracovních rolí

Odhadnout časovou náročnost implementace procesů digitální transformace nebo samotného konceptu Průmyslu 4.0 je velmi obtížné, jelikož závisí na různých faktorech, a proto se bude u jednotlivých odvětví a podniků lišit, přesto by se, ale ve většině případů mělo jednat o postupnou změnu. Tato časová náročnost bude totiž záviset nejen na procesech a systémech, které bude chtít podnik zavést, ale i na množství zdrojů, a to jak finančních, tak i hlavně lidských, kterými podnik disponuje. Společnosti mají totiž většinou na výběr ze dvou způsobů, jak koncept Průmyslu 4.0 implementovat, buď investují do poradenské firmy, která jim s projektem pomůže a povede ho nebo ho zavedou za pomoci vlastních zaměstnanců. Avšak zapojení zaměstnanců bude potřeba v obou případech, jelikož tito zaměstnanci mají největší zkušenosti a rozsáhlé znalosti o procesech, na kterých se podílejí, a které by měly být automatizovány a digitalizovány. Navíc i co se týká samotného provozu chytré továrny, tak, i když bude chytrá továrna plně automatizována, tak i zde budou zaměstnanci stále potřební, a to pro řízení, dohlížení na provoz a dodávky a podílení se na zlepšování automatizovaného procesu. Z tohoto důvodu byly tyto pracovní role nezbytné pro implementaci digitální transformace a konceptu Průmyslu 4.0, ale i v rámci provozu

samotné chytré továrny identifikovány a dále charakterizovány na základě popsaného postupu, který je zobrazen na následujícím obrázku.



40. Postup tvorby přehledu potřebných pracovních rolí (vlastní zpracování)

Cílem tohoto výzkumu nebylo stanovit všechny pracovní role, které podnik má mít, ale pouze identifikovat hlavní pracovní role, které budou potřebné pro implementaci a provoz chytré továrny. Z tohoto důvodu byla nejprve provedena analýza dostupných literárních zdrojů zaměřená na koncept Průmysl 4.0, modely implementačních fází a kompetenční modely. Následně byla provedena srovnávací studie nalezených informačních zdrojů a vlastního modelu implementačních fází popsaného v rámci hodnotícího modelu

připravenosti podniku na koncept Průmyslu 4.0. Z dostupné literatury byl použit například model od společnosti AIMTEC, který je zobrazen na následujícím obrázku. Na základě této srovnávací studie byl vytvořen vlastní návrh pracovních rolí a potřebných kvalifikačních požadavků a dovedností.



41. Implementační fáze Průmyslu 4.0 dle společnosti AIMTEC [137]

Avšak pro provedení dostatečného ověření, stanovených pracovních rolí, tak bylo nejprve provedeno ověření pomocí brainstormingu s expertní skupinou a následně bylo provedeno dotazníkové šetření, jehož cílem bylo zjistit současný stav v podnicích – jestli již podniky plánovaly implementaci konceptu Průmyslu 4.0, jaké mají současné požadavky na zaměstnance, zda již na změny související s digitální transformací a konceptem Průmyslu 4.0 připravují své zaměstnance a také, jaké nástroje/technologie budou případně využívat pro jejich přípravu. Součástí tohoto výzkumu byla i identifikace rizik souvisejících se vzděláním 4.0. Na základě zjištěných výsledků byla po určité době provedena další srovnávací studie, jejímž cílem bylo porovnání získaných výsledků a nových informačních zdrojů a na základě toho byl původní návrh doplněn o další nové pracovní role.

V roce 2021 byl proveden ještě průzkum, jehož cílem bylo zjistit připravenost podniků a jehož výsledky jsou součástí disertační práce a jsou popsány v následující kapitole 5.2. Na základě těchto veškerých informací a získaných dat byl vytvořen přehled identifikovaných pracovních rolí, které jsou popsány v následujících tabulkách. Pracovní role byly rozděleny na dvě základní oblasti, a to výroby a IT. Za oblast výroby byly identifikovány jako nezbytné následující pracovní role – servisní technik, technik automatizace, výrobní technik, procesní inženýr, manažer digitalizace/projektový manažer digitalizace. Naopak za oblast IT byly identifikovány pracovní role – IT specialista, programátor robotů, technik pro 3D tisk, datový analytik a specialista pro kybernetickou bezpečnost. V následujících tabulkách jsou popsány jednotlivé náplně práce, které by daná role měla v chytré továrně zastupovat a dále stanovené odpovědnosti. Poté vždy následují tabulky, které jsou zaměřené na identifikaci

kvalifikačních požadavků a dovedností pro jednotlivé pracovní role. Veškeré tyto informace jsou také nezbytné pro stanovení možných změn, které v dané oblasti nastanou.

TABULKA IX. STANOVENÉ PRACOVNÍ POZICE PRO KONCEPT PRŮMYSLU 4.0 PRO OBLAST VÝROBY

Pracovní pozice	Činnost/Náplň práce	Odpovědnost
Servisní technik	Diagnostika a oprava poruch Preventivní údržba strojů/robotů/výrobních linek Montáž nových zařízení	Odpovídá za údržbu strojů/robotů/výrobních linek
Technik automatizace	Návrhy technických vylepšení robotických technologií Přenastavení a úprava programů pro manipulátory a roboty Spolupráce při instalaci nových zařízení/robotů	Odpovídá za technickou podporu automatizace strojů/robotů/výrobních linek
Výrobní technik	Stanovuje a kontroluje dodržování technologických postupů během celé výroby Provádí vstupní kontrolu potřebných surovin Dohlíží na dodržování BOZP	Zodpovídá za organizaci výroby a provoz Zodpovídá za bezpečnost práce na pracovišti
Procesní inženýr	Analýza podnikových procesů – vývoj a nastavení Návrhy inovací procesů (optimalizace) Identifikace a nastavení procesních parametrů Zhodnocení a analýza výsledků výroby	Odpovídá za funkčnost a efektivitu procesů Odpovídá za návrh, implementaci a optimalizaci výrobních postupů v daném procesu Odpovídá za nastavení procesního monitoringu
Manažer digitalizace	Analýza současného stavu podniku a návrhy efektivních a moderních řešení Sledovat současné trendy v oblasti digitalizace a digitálních technologií Příprava a návrh digitálního plánu Řízení procesu digitalizace ve společnosti Řízení projektového týmu Spolupracovat s ostatními týmy (provozními, technickými) Příprava a reporting materiálů pro top management	Odpovídá za implementaci digitální strategie (konceptu Průmysl 4.0) ve firmě Odpovídá za rozsah, plánování, rozpočet a zahájení projektů digitalizace

Vzhledem k tomu, že v rámci navržené metodiky je předpokládáno, že některé podniky nebudou muset dosáhnout celkové vize konceptu Průmyslu 4.0, tak i na základě daného předpokladu byly stanoveny jednotlivé náplně práce a odpovědnosti. Z výsledků tedy vyplývá, že činnosti a náplně práce pracovních rolí za takového předpokladu zůstanou

velice podobné jako byly v současné době. Avšak v některých případech může dojít k tomu, že daný podnik, buď danou pracovní roli sloučí s jinou, tudíž dojde k rozšíření pracovní náplně a odpovědnosti nebo může nastat i situace, kdy určitou činnost již daná pracovní role v podstatě fyzicky sama vykonávat, protože ji bude zastávat systém/robot, avšak přesto za ní může být zodpovědná. Hlavní identifikované změny a dopady však nastanou v rozšíření požadavků na kvalifikaci, dovednosti a znalosti daných pracovníků, a to právě z důvodu používání nových technologií, které by měly dané pracovní roli usnadnit její činnosti, ale pro jejich správné používání bude zapotřebí mít větší znalosti a dovednosti, a to například z IT oblasti.

TABULKA X. STANOVENÉ KVALIFIKAČNÍ POŽADAVKY A POTŘEBNÉ DOVEDNOSTI PRO OBLAST VÝROBY

Pracovní pozice	Kvalifikace	Dovednosti/znalosti
Servisní technik	Středoškolské vzdělání technického směru; praxe v oblasti manipulační techniky; platná vyhláška 50/78 Sb.; provádění servisních prohlídek;	Flexibilita; samostatnost; odpovědnost; manuální zručnost; základní znalosti elektroniky a hydrauliky
Technik automatizace	Vysokoškolské vzdělání v oblasti elektrotechniky/strojírenství; praxe na obdobné pozici; znalost bezpečnostních standardů; údržba strojů a automatizované linky	Jazykové znalosti – angličtina, němčina; flexibilita; samostatnost; odpovědnost;
Výrobní technik	Vysokoškolské vzdělání v oblasti elektrotechniky	Jazykové znalosti – angličtina, němčina; logické myšlení; flexibilita; samostatnost; odpovědnost; schopnost a ochota učit se nové věci;
Procesní inženýr	Střední/ Vysokoškolské vzdělání v oblasti elektrotechniky; znalost technické dokumentace; znalost procesního řízení	Jazykové znalosti – angličtina, němčina; samostatnost; odpovědnost; tvořivost; schopnost a ochota učit se nové věci; organizační schopnosti; komunikační dovednosti
Manažer digitalizace	Vysokoškolské vzdělání v oblasti elektrotechniky; praktické dovednosti a zkušenosti z oblasti tvorby a implementace digitalizace; zkušenosti z oblasti projektového řízení	Jazykové znalosti – angličtina, němčina; samostatnost; odpovědnost; tvořivost; schopnost a ochota učit se nové věci; organizační schopnosti; komunikační dovednosti

V současné době je velmi rozšířenou pracovní rolí v oblasti výroby procesní inženýr, který v rámci podniku zajišťuje činnosti související s analýzou podnikových procesů (vývoj, nastavení a zdokumentování), návrhy inovací procesů, identifikací a nastavením procesních parametrů a dále činnosti spojené s vypracováním analýzy a zhodnocením výsledků pro manažera podniku a vedení. Na základě provedené analýzy současných literárních zdrojů

bylo zjištěno, že v rámci chytré továrny tato pracovní pozice bude stále potřebná. Procesní inženýr bude stále vykonávat zmíněné činnosti, ale dojde k tomu, že například v rámci analýzy podnikových procesů, již nebude muset vykonávat zdokumentování, jelikož v rámci továrny bude existovat takzvané digitální dvojče daného procesu, které bude vytvořeno na základě získaných dat ze senzorů z daného procesu. Dále během činnosti nastavení, tak již bude moci proces nastavovat prostřednictvím tabletu, na kterém zvolí potřebné parametry a daný proces se již sám přenastaví. S tím dále souvisí i návrhy inovací procesu, tuto činnost procesní inženýr bude také vykonávat, avšak bude mít možnost ji provádět a simulovat právě v rámci digitálního dvojčete, tím ale samozřejmě dojde k tomu, že se zvýší požadavky na kompetence a dovednosti pracovní role, která bude muset umět zacházet a případně i vytvářet modely a simulace digitálního dvojčete. Identifikované hlavní pracovní role z IT oblasti jsou popsány v následující tabulce.

TABULKA XI. STANOVENÉ PRACOVNÍ POZICE PRO KONCEPT PRŮMYSLU 4.0 PRO OBLAST IT

Pracovní pozice	Činnosti/Náplň práce	Odpovědnost
IT Specialista	Komplexní správa ICT; správa SW/HW, infrastruktury; technická podpora uživatelů a správa uživatelských účtů; školení zaměstnanců firmy; spolupráce s externími dodavateli; tvorba uživatelských manuálů; realizace úkolů na základě projektů společnosti (podpora a účast na interních projektech v rámci IT); zavádění nových IT technologií; Správa podnikových sítí (může se jednat například i o správu IoT nebo CPS);	Odpovídá za komplexní správu informačních ICT; odpovídá za technickou podporu uživatelů; odpovídá za interní projekty v oblasti IT; Odpovídá za správu podnikových sítí
Programátor robotů	Vývoj, programování a testování SW robotických pracovišť; Programování pracovních úkolů pro průmyslové roboty (pohyby, orientace v prostoru, pracovní činnosti); Programování komunikace s dalšími zařízeními (digitální signály, čtečky čárových kódů atd.); Návrh a realizace souvisejících elektrických prvků jako jsou sensory – pozice, světelné závory, světelná signalizace; Programování robotických periférií – kamery;	Odpovídá za správnou funkčnost (údržbu) a nastavení robotů, jejich periférií a pracovních činností

	<p>Analýza poruch a definice příslušných nápravních opatření; Preventivní údržba robotů včetně vedení dokumentace údržby; návrh a instalace nových robotických pracovišť; Návrhy a realizace elektrických obvodů (signály, fotobuňky, tlačítka)</p>	
Softwarový inženýr	<p>Návrh, vývoj a testování podnikových systémů; návrh a vývoj síťových aplikací; opravování vzniklých chyb; poskytování technické podpory</p>	Odpovídá za navržené podnikové SW a síťové aplikace
Technik pro 3D tisk/Konstruktér pro 3D tisk a CAD/CAM technologie	<p>Návrhy nových konstrukčních řešení v souladu s technickým zadáním a prototypů; Zajištění materiálu pro prototypy; Řešení technických požadavků; Komunikace s ostatními odděleními; Podpora při zavádění produktů do výroby; Obsluha 3D tiskárny; Tvorba programu pro 3D měření;</p>	Odpovídá za soulad konstrukčních a prototypových řešení s technickým zadáním; Odpovídá za tvorbu programů pro 3D tiskárny
Datový analytik/Analytik velkých dat	<p>Definice a údržba konceptuálního datového modelu (tj. společný datový model pro celou organizaci – entity, atributy, vztahy, omezení, hierarchie) ve spolupráci s vlastníky dat z business jednotek; Analýza datových potřeb na základě požadavků z business jednotek; Analýza požadavků na data a jejich transformace do návrhu datového modelu</p>	Odpovídá za správu dat a nastavení a udržování konceptuálního datového modelu v organizaci
Specialista pro kybernetickou bezpečnost	<p>Výzkum a vyšetřování kybernetických hrozeb; Návrhy a realizace zabezpečení současných systémů; analýza a indexování rizikových dat; zjišťování identity útočníka a provádění vyšetřování získaných informací; příprava reportů pro vedení</p>	Odpovídá za kybernetickou bezpečnost podnikových systémů

V IT oblasti na rozdíl od výroby vzniklo mnohem více nových pracovních rolí, jejichž činnosti budou mít i mnohem větší dopad na fungování chytré továrny. Například v chytré továrně může existovat více pracovních rolí jako IT specialista, jehož zaměření se může lišit v závislosti na specializaci na určitou technologii. Tedy v chytré továrně se může vyskytovat více specialistů s různým zaměřením, a to například na správu a řízení CPS nebo specialista

na IoT. Tato zaměření by samozřejmě měla vliv i na náplň práce, odpovědnost i požadavky týkající se kvalifikace a dovedností. Dalším příkladem nezbytné pracovní role pro chytrou továrnu je pozice zaměřená na kybernetickou bezpečnost. Jedná se o takzvaného specialistu pro kybernetickou bezpečnost, jehož hlavní činností je návrh a realizace zabezpečení podnikových systémů a samozřejmě výzkum a vyšetřování kybernetických hrozeb, které představují jedno z rizik pro fungování procesů chytré továrny. Pokud by někdo dokázal překonat kybernetické zabezpečení, tak by mohlo dojít k narušení celého průběhu výroby, které by způsobilo značné škody danému podniku.

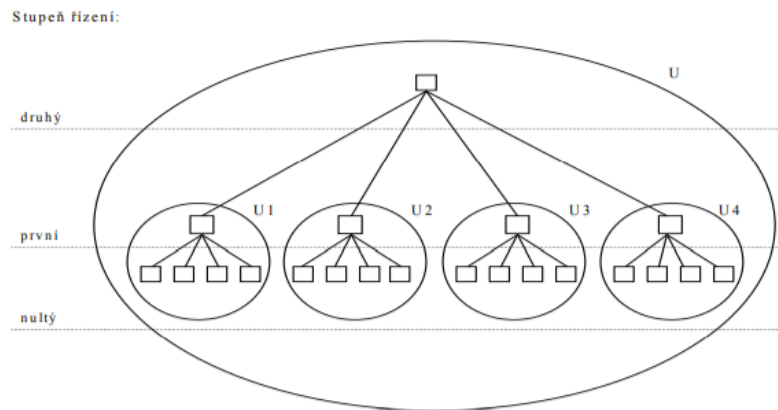
TABULKA XII. STANOVENÉ KVALIFIKAČNÍ POŽADAVKY A POTŘEBNÉ DOVEDNOSTI PRO OBLAST IT

Pracovní pozice	Kvalifikace	Dovednosti/znalosti
IT Specialista	Středoškolské vzdělání technického směru; praxe v oblasti manipulační techniky; platná vyhláška 50/78 Sb.; provádění servisních prohlídek;	Flexibilita; samostatnost; odpovědnost; manuální zručnost; základní znalosti elektroniky a hydrauliky
Programátor robotů	Vysokoškolské vzdělání v oblasti elektrotechniky/strojírenství; praxe na obdobné pozici; znalost bezpečnostních standardů; údržba strojů a automatizované linky	Jazykové znalosti – angličtina, němčina; flexibilita; samostatnost; odpovědnost;
Softwarový inženýr	Vysokoškolské vzdělání v oblasti elektrotechniky	Jazykové znalosti – angličtina, němčina; logické myšlení; flexibilita; samostatnost; odpovědnost; schopnost a ochota učit se nové věci;
Technik pro 3D tisk/Konstruktér pro 3D tisk a CAD/CAM technologie	Střední/ Vysokoškolské vzdělání v oblasti elektrotechniky; znalost technické dokumentace; znalost procesního řízení	Jazykové znalosti – angličtina, němčina; samostatnost; odpovědnost; tvořivost; schopnost a ochota učit se nové věci; organizační schopnosti; komunikační dovednosti
Datový analytik/Analytik velkých dat	Vysokoškolské vzdělání v oblasti elektrotechniky; praktické dovednosti a zkušenosti z oblasti tvorby a implementace digitalizace; zkušenosti z oblasti projektového řízení	Jazykové znalosti – angličtina, němčina; samostatnost; odpovědnost; tvořivost; schopnost a ochota učit se nové věci; organizační schopnosti; komunikační dovednosti
Specialista pro kybernetickou bezpečnost	Středoškolské/Vysokoškolské vzdělání v oblasti Informačních technologií; znalost bezpečnostních a komunikačních standardů; znalost serverů;	Jazykové dovednosti – angličtina, němčina; samostatnost; odpovědnost; tvořivost; spolupráce; schopnost a ochota učit se nové věci; analytické / logické myšlení

5.1.4.2 Posouzení organizačních struktur

Jak již bylo zmíněno, tak změny a zavedení těchto nových pracovních rolí mohou mít v některých případech za následek i změnu celé organizační struktury. Z tohoto důvodu bylo cílem disertační práce i posouzení organizačních struktur a identifikování nejvhodnější struktury z hlediska konceptu Průmyslu 4.0. Organizační struktura totiž tvoří nedílnou součást podniku, jelikož znázorňuje uspořádání vztahů nejen jednotlivých pracovních míst v rámci organizačních útvarů, ale i mezi jednotlivými útvary v rámci organizace. Smyslem organizační struktury je koordinovat a řídit aktivity jednotlivých zaměstnanců podniku, tak aby byly efektivně dosahovány stanovené strategické cíle organizace. A také organizační struktura umožňuje vymezení pravomocí a odpovědností za jednotlivé oblasti činností. Nesprávně stanovená organizační struktura by tak mohla mít za následek negativní dopady na činnosti celého podniku, proto je nezbytné snažit se zvolit optimální organizační strukturu pro daný podnik. Organizování tedy představuje velmi důležitý a zároveň náročný proces tvorby struktury organizace, který závisí i na velikosti společnosti. Z toho vyplývá, že proces tvorby struktury organizace je náročnější, čím větší je daná společnost, tedy čím více zaměstnanců má. [138]

Organizační strukturu lze znázornit pomocí organizačního schéma, které obsahuje následující základní parametry – prvky, vztahy, stupeň řízení, útvar a rozpětí řízení Schéma je tvořeno z prvků, které se lze rozdělit na prvky výkonné (pracovní místa) a řídicí (funkční místa). Většinou v podobě přímek jsou dále zachyceny vztahy nadřízenosti a podřízenosti mezi jednotlivými prvky. Z organizačního schéma lze zjistit, na které hierarchické úrovni (stupni řízení) se daný prvek nachází. Zpravidla jsou jednotlivé hierarchické úrovně číslovány zesponu nahoru a nejnižší úroveň se nazývá nultý stupeň. Nultý stupeň řízení je tvořen pracovníky výkonnými, kteří již nemají žádné další podřízené. Dalším parametrem je útvar, který představuje seskupení prvků výkonných a příslušný prvek řídicí. Hodnota rozpětí řízení udává, kolik pracovníků je podřízeno jednomu vedoucímu. [139] [140]



42. Základní organizační schéma a jeho parametry [140]

Přestože se jedná o uměle vytvořený řád, tak je organizační struktura zakotvena v závazných předpisech nebo normách společnosti. Organizační norma též nazývaná jako orgware je vnitřní předpis, ve kterém je vymezeno kdo, co a jak v dané společnosti dělá. Základní normu tvoří organizační řád, ve kterém jsou vymezeny jednotlivé útvary organizace, pracovní náplň, vzájemné vztahy a dále pak pravomoc a odpovědnost vedoucích pracovníků. V současné době existuje několik základních typů útvarových struktur, které se liší podle druhů útvarů, druhů vztahů a je uplatňován princip jediného odpovědného vedoucího.

Základní rozdělení typů organizačních struktur:

- Liniová organizační struktura
- Funkční organizační struktura
- Liniově-štabní organizační struktura
- Projektová organizační struktura
- Maticová organizační struktura

Každá z uvedených organizačních struktur má svoje určité výhody a nevýhody, které jsou popsány v následující tabulce. Avšak nelze jednoznačně říci, která organizační struktura by byla optimální pro úplně všechny typy podniků. [138][139][140]

TABULKA XIII. TYPY ORGANIZAČNÍCH STRUKTUR [139]

Typ organizační struktury	Výhody	Nevýhody
Liniová	Jednoduchost organizačních vztahů; jednoznačnost pravomocí a odpovědností; lepší možnost kontroly vedoucím	Nutnost univerzálních znalostí řídicích pracovníků; nevhodná pro větší a složitější podniky (zdlouhavé informační toky)
Funkční	Specializace funkčních vedoucích (vysoká odbornost); vyšší produktivita na základě společné práce odborníků pro jednotlivé druhy činností	Velká četnost a složitost vazeb mezi prvky; více vedoucích (křížení kompetencí); nebezpečí nejasnosti odpovědnosti
Liniově-štabní	Odlehčení linií; zlepšení kvality rozhodování; široká využitelnost; štabní funkce představují dobrou přípravu pro výkon liniové funkce	Možné kompetenční konflikty mezi linií a štabem; izolace štabních míst; nebezpečí nekontrolovatelného růstu počtu štabních útvarů
Projektová	Propojení aktivit potřebných pro splnění projektu; koncentrace specialistů na projektu; odlehčení vedení od operativních činností	Možné problémy při sestavování projektové skupiny; problémy se zpětným zařazováním pracovníků po skončení prací na projektu; potřeba schopného vedoucího projektové skupiny
Maticová	Zvýšení inovační schopnosti a pružnosti celé organizace; zdůraznění skupinové práce; snížení rizika chyb	Nebezpečí nejasných kompetencí (dvojí podřízenost) - funkčnímu útvaru a projektovému týmu; zvýšení pracovního zatížení; složitost struktury

Nově se můžeme setkat s pojmem agilní řízení, které bylo dříve používáno pouze v oblasti vývoje IT. V současné době se, ale čím dál tím více stává aktuálním tématem, kterým se zabývají i výrobní společnosti. Agilní řízení je v podstatě založeno na práci jednotlivých menších pracovních týmů, kdy je důraz kladen na přímou komunikaci se zákazníkem, ale zároveň tyto pracovní týmy mají blízko k ostatním týmům dané organizace. Mezi hlavní výhody tohoto řízení patří, že takové to podniky i jejich zaměstnanci dokážou

rychleji reagovat na různé změny a požadavky zákazníků, které jsou pro podniky klíčové. Navíc agilním řízením dojde i k zjednodušení organizační struktury, což bude mít vliv na větší provázanost, jak mezi lidmi v týmu, tak napříč celou organizací. Agilní týmy většinou jsou složené z pracovníků se zaměřením na různé obory, a to kvůli schopnosti daného týmu bez nutnosti dalších pracovníků dlouhodobě vyvíjet produkt, na který se specializuje. Za nejrozšířenější metodou agilního řízení je považován takzvaný scrum, tedy rozdělení zadaného projektu na jednotlivé funkční části, které jsou řešeny samostatně. Jednotlivé práce na částech projektu probíhají několika týdenních intervalech, takzvaných sprintech. Po každém konci daného sprintu je provedeno vyhodnocení dosaženého výsledku. Tím dochází k rychlejšímu odhalení problémů a chyb, na které je možné rychleji i reagovat. Avšak tyto nové metody práce vyžadují i jiný způsob myšlení a řízení, než je běžně používaný ve výrobních firmách. [141]

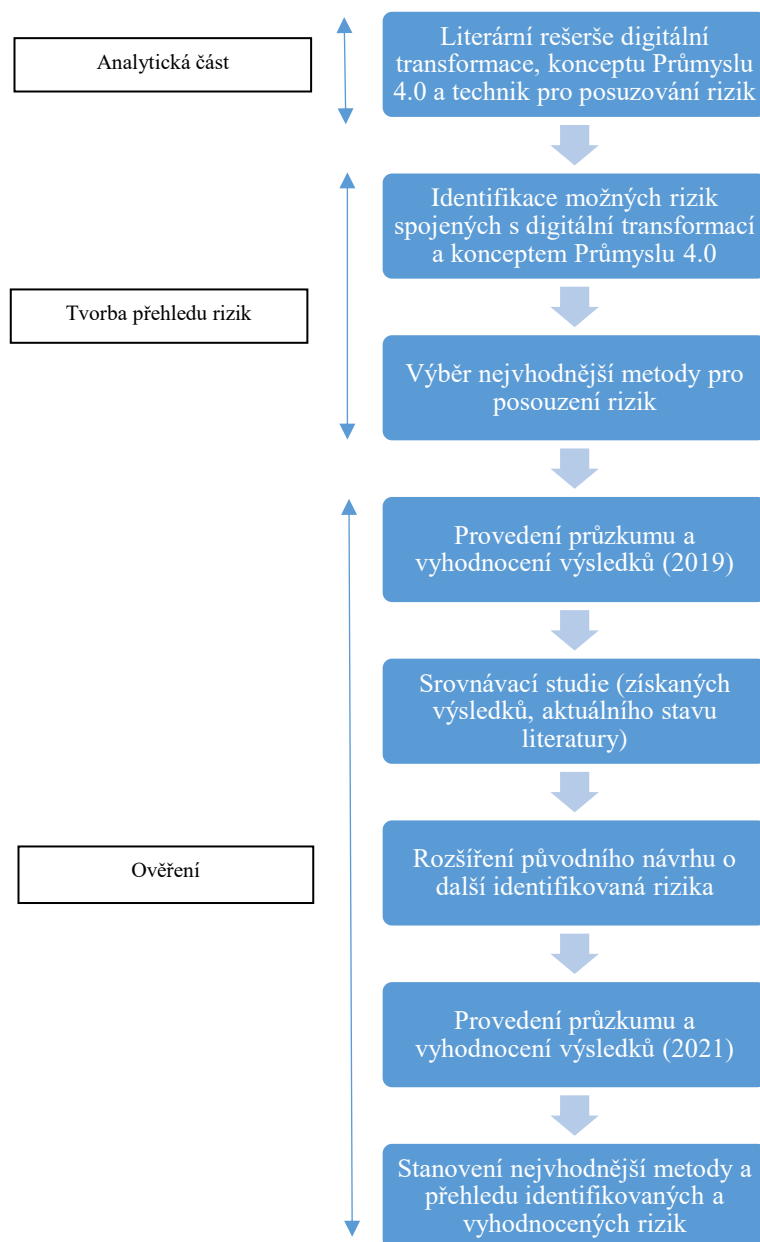
Jelikož je v rámci navržené metodiky předpokládáno, že některé podniky z důvodu svojí velikosti nebo podnikové činnosti nebudou muset dosáhnout nejvyšší úrovně z hlediska konceptu Průmyslu 4.0, tak v jejich případě nemusí dojít ani k výrazné změně současné organizační struktury či změnám v náplních práce současných pracovních rolí. Avšak transformace podniku na chytrou továrnu, bude vyžadovat vznik nových pracovních rolí, především z oblasti IT, které by měly být začleněny i z důvodu jasných pravomocí a odpovědností do organizační struktury.

Mezi tyto pracovní role budou patřit specialisté na CPS, IoT, kybernetickou bezpečnost nebo datový analytici. Z výsledků dále vyplývá, že u některých pracovních rolí může v rámci daného podniku pouze dojít pouze k rozšíření současných činností a odpovědností, a to sloučením dvou pracovních rolí dohromady. Ovšem největší dopad a změny budou v rámci požadovaných kvalifikací a kompetencí, které bude podnik vyžadovat. Implementací nových technologií totiž dojde i k zvýšení požadavků v rámci takzvaných e-kompetencí. Co se týká doporučení nejvhodnější organizační struktury pro chytrou továrnu, tak z provedené rešerše vyplývá, že z důvodů flexibility je nejvhodnější strukturou a řízením takzvané agilní. To, ale neznamená, že zaniknou ostatní druhy organizačních struktur a všechny podniky se stanou agilními. Důvodem je opět, že ne všechny podniky budou muset nutně dosáhnout nejvyšší vize konceptu Průmyslu 4.0. Vzhledem k tomu, že navržená metodika má sloužit pouze jako pomocný nástroj, tak není jejím záměrem přesně společnosti definovat, které procesy, a tudíž i potřebné pracovní role mají být zrovna zavedeny, toto rozhodnutí je vždy ponecháno na vedení společnosti nebo pověřené osobě za danou firmu, která uvedenou metodiku využije.

5.1.5 Řízení rizik

Posledním krokem navržené metodiky je realizace činností souvisejících s řízením rizik, které má vazbu na procesní i projektové řízení a je nejen nezbytné pro zajištění efektivnosti systému, předcházení negativních dopadů, ale i pro dosažení lepších výsledků. V rámci předchozích kroků navržené metodiky měly být na základě výsledků z GAP analýzy, stanoveny procesy, které mají být implementovány a dále pracovní role nezbytné pro zajištění provozu daného procesu. Co se týká tohoto kroku, tak by mělo následovat řízení rizik, které zahrnuje identifikaci, vyhodnocení a stanovení opatření pro zamezení rizik a dopadů souvisejících s uvedenými rozhodnutími. Zmíněné činnosti totiž napomohou společnosti pochopit, jaká existují možná rizika, co je jejich zdrojem, jaké mohou mít tato rizika dopady.

Jak již bylo totiž zmíněno odhadnout přesnou časovou a finanční náročnost související s implementací jednotlivých procesů digitální transformace nebo samotného konceptu Průmyslu 4.0 je velmi obtížné, jelikož je závislá na různých faktorech. Z tohoto důvodu je potřeba, aby byla provedena správná analýza rizik a předešlo se tak zbytečným časovým a finančním ztrátám nebo dokonce selhání celé implementace daného procesu. Proto bylo cílem této části disertační práce vytvořit komplexní seznam nejčastějších rizik, které by mohly vzniknout v souvislosti s implementací digitalizace a konceptu Průmyslu 4.0 a zároveň provést vhodnou metodou i jejich vyhodnocení. Uvedené řešení by mělo napomoci odpovědným osobám k snadnější identifikaci rizik, ale i z hlediska výběru metody a postupu při vyhodnocení možných rizik. Aby bylo možné správně identifikovat a vyhodnotit možná rizika, tak byla nejprve provedena analýza současného stavu literatury týkající se digitální transformace, konceptu Průmyslu 4.0 a metod používaných pro posouzení rizik. Na základě výsledků a dat z analýzy byla identifikována možná rizika a byla zvolena nejvhodnější metoda pro jejich posouzení. Poté byl realizován průzkum a identifikovaná rizika byla konzultována a vyhodnocena ve spolupráci s expertní skupinou (tvořena z akademických pracovníků a zástupců z praxe) pomocí interview a brainstormingu. Následně byla ještě provedena srovnávací studie a analýza současného stavu literatury. Na základě zjištěných výsledků byl původní přehled rizik rozšířen ještě o další identifikovaná rizika a byl znovu proveden průzkum a vyhodnocení rizik s expertní skupinou.



43. Postup tvorby přehledu rizik a výběru vhodné metody (vlastní zpracování)

Protože existují různé techniky a metody pro posuzování rizik, které byly popsány v kapitole 4.2.2 Metody hodnocení rizik a ne zcela všechny jsou vhodné pro vyhodnocení projektových rizik, tak byla v rámci disertační práce zvolena a doporučena takzvaná semikvantitativní analýza rizik, která pro hodnocení rizik používá kvalitativně popsané škály s přidělenými číselnými hodnotami. Semikvantitativní metoda pro hodnocení rizik byla zvolena a doporučena především, protože tato analýza je vhodná v případech, kdy nejsou k dispozici konkrétní hodnoty pro vstupní kritéria. V rámci metody je vždy u každého rizika hodnocena jeho pravděpodobnost vzniku (P) a dále úroveň dopadu (D). Rozsahy používané k charakterizaci pravděpodobnosti vzniku rizika a jeho dopadu mohou být různé v

semikvantitativním přístupem, avšak nepoužívanějším rozsahem je klasifikace od 1 do 5. [142] Prvním kritériem, které se u identifikovaného rizika hodnotí je pravděpodobnost jeho vzniku. V následující tabulce jsou popsány jednotlivé úrovně a hodnoty pravděpodobnosti, které byly použité v rámci disertační práce.

TABULKA XIV. KLASIFIKACE PRAVDĚBODOBNOSTI (P) [143]

Pravděpodobnost (P)	
Úroveň	Hodnota
Vzácné	1
Nepravděpodobné	2
Možné	3
Pravděpodobné	4
Vysoce pravděpodobné	5

Dopad (D) je dalším faktorem potřebným pro výpočet celkové hodnoty rizika. Dopad v podstatě popisuje míru závažnosti, kterou by dané riziko mělo na chod společnosti, pokud by skutečně nastalo. Může se tedy jednat o dopad velmi nízký (nevýznamný) nebo naopak velmi vysoký. Jednotlivé úrovně a hodnoty dopadu použité v disertační práci jsou uvedeny v následující tabulce.

TABULKA XV. KLASIFIKACE DOPADU (D) [143]

DOPAD (D)	
Úroveň	Hodnota
Velmi nízké	1
Nízké	2
Střední	3
Vysoké	4
Velmi vysoké	5

Rozsah relativního rizika lze klasifikovat podle závažnosti do několika kategorií. Nejčastější kategorizace rizik jsou nízká, střední, vysoká a velmi vysoká rizika. Hodnota rizika označovaná jako rizikové číslo RPN (Risk Priority Number) se vypočte podle níže uvedené rovnice.

$$\text{Rizikové číslo (RPN)} = \text{Pravděpodobnost (P)} \times \text{Dopad (D)}$$

Hodnota rizika může být v rozmezí 1 až 25, jak je patrné z následující tabulky, ve které jsou jednotlivé úrovně rizik barevně označeny. Pokud je hodnota rizika nižší než 4, tak je riziko vyhodnoceno jako nízké. V tabulce je tato oblast rizika označena zeleně. Pokud je rizikové číslo mezi 4 a 9, tak riziko je vyhodnoceno jako střední. Střední rizika jsou označena žlutou barvou. Úroveň vysokých rizik je v případě, že hodnota rizika je mezi 10 a 20. Tato úroveň je označena oranžovou barvou. Poslední úroveň představuje velmi vysoké riziko, rizikové číslo se pohybuje v rozmezí od 20 do 25. V tabulce je tato oblast rizika označena červenou barvou. Na základě stanoveného rizikového čísla a kategorizace rizik, jsou následně dle naléhavosti prováděna preventivní opatření.

TABULKA XVI. TABULKA PRO VYHODNOCENÍ MÍRY RIZIKA [143]

		Pravděpodobnost (P)				
		1	2	3	4	5
Dopad (D)	1	1	2	3	4	5
	2	2	4	6	8	10
	3	3	6	9	12	15
	4	4	8	12	16	20
	5	5	10	15	20	25

Popsaná semikvantitativní metoda byla dále aplikována pro výpočet rizikového čísla jednotlivých identifikovaných rizik souvisejících s digitální transformací a implementací konceptu Průmyslu 4.0., která byla rozdělena dle povahy do jedné z následujících kategorií – finanční, informační, technické, sociální a enviromentální. Uvedený přehled a výpočet je popsán v následující tabulce a má sloužit především k snadnější identifikaci možných rizik, které mohou při implementaci nastat a dále jako příklad, jakým způsobem může být řízení rizik za společnost řešeno.

TABULKA XVII. PROJEKTOVÁ RIZIKA V RÁMCI IMPLEMENTACE DIGITALIZACE A KONCEPTU PRŮMYSLU 4.0

Skupina rizik	Identifikovaná rizika	P (Pravděpodobnost)	D (Dopad)	HR (Hodnota rizika)
Finanční	Omezené finanční zdroje (nedostatek vlastních finančních zdrojů na implementaci konceptu Průmyslu 4.0)	4	4	16
	Úvěrové riziko	3	3	9
	Ne přidělení dotace od státu	2	5	10
	Neúplné a nepřesné odhady nákladů	3	3	9
	Rychlá návratnost investice do implementace konceptu	3	4	12
	Implementace konceptu nasazení se nezdařila v požadovaném čase – zvýšení nákladů	4	5	20
	Ztráta zákazníků (ztráta zisku)	3	5	15
	Ztráta know-how	2	5	10
Informační	Nedostatek znalostí a zkušeností	4	5	20
	Nereálné cíle zadavatele projektu	2	5	10
	Špatné pochopení zadání realizátorem	2	5	10
	Nedostatečná komunikace mezi realizátorem a zadavatelem	2	5	10
	Nedostatečná komunikace mezi jednotlivými členy projektového týmu	2	5	10
	Chybné zadání (chyby v plánu implementace konceptu Průmysl 4.0)	2	5	10
	Chyby z informací o dodavatelích	2	3	6
	Nedorozumění a nesprávné použití implementovaných metod/technologií	3	5	15
	Špatně zmapované a měřené procesy	3	5	15
	Špatný informační tok v organizaci (nevymezené způsoby a techniky interní komunikace)	3	4	12
Technické	Nedostatek času na implementaci od zadavatele	3	5	15
	Nerealistický Gantův graf - chyby během odhadu času	3	2	6
	Zpoždění projektu implementace konceptu	3	2	6
	Špatně zvolené technologie/informační systémy	3	5	15
	Nákup nepotřebného zařízení	2	5	10
	Nekompatibilita mezi jednotlivými systémy	2	5	10
	Neexistence metrik pro hodnocení jakosti plnění projektu	2	5	10
Sociální	Krádež a nejistota	1	3	3
	Špatné zvolení členů týmů projektu	2	5	10
	Vandalství	1	4	4

	Nedostatek kvalifikovaných pracovních sil	5	4	20
	Pracovní stávky	2	3	6
	Nedostatečné školení zaměstnanců	3	5	15
	Nepřijímání nové filozofie Průmyslu 4.0 zaměstnanci	3	5	15
	Nehoda během pracovní činnosti	1	5	5
	Nedostatek manažerského zájmu	3	5	15
Environmentální	Zemětřesení	1	3	3
	Požár	2	4	8
	Bouře	3	2	6
	Povodně	1	4	4
	Poškození větrem	3	2	6

Po provedení analýzy rizik je důležité na základě riziková čísla především identifikovat velmi vysoká rizika a stanovit opatření, které povedou k jejich snížení nebo zamezení. Následně by mělo být postupováno stejně i u rizik vysokých a středních. V rámci disertační práce bylo zjištěno, že mezi velmi vysoká rizika patří především nedostatek znalostí a zkušeností, nedostatek kvalifikovaných pracovních sil a možnost zvýšení původně plánovaných financí z důvodu zpoždění nebo problémů, které mohou nastat při implementaci. Pro snížení rizika nedostatek znalostí a zkušeností je navrhováno stanovit případně zaměstnat pracovníka (projektový manažer nebo manažer digitalizace) pro implementaci, který má již znalosti, a především zkušenosti z dané oblasti, případně může být za společnost zjednána externí firma, která jim pomůže s konzultací, proškolením, ale i samotnou implementací. V současné době již existuje více takových externích firem, které se danou problematikou zabývají. Nedostatek kvalifikovaných pracovních sil je obecně považováno za jedno z největších rizik, takové mu riziku lze předcházet neustálým školením stávajících nebo nových zaměstnanců. Co se týká posledního rizika možnosti navýšení původně plánovaných financí, tak v tomto případě je společnosti doporučováno, aby při kalkulaci projektu byl za společnost stanoven i takzvaný risk budget, a to ve výši 20 % původně plánovaných financí, aby bylo zajištěno, že v případě zpoždění projektu, bude mít společnost dostatek financí pro jeho dokončení.

Jak již bylo popsáno, tak navržená metodika by následně měla být použita v opačném sledu kroků, a to po implementaci vybraného procesu v rámci kontroly, která je třetím krokem v PDCA cyklu. Z tohoto důvodu je doporučeno nejprve znovu provést analýzu rizik, aby bylo zjištěno, zda došlo navrženými opatřeními skutečně k snížení rizik a jestli nevznikly i další nová rizika, která nebyla v původní analýze zahrnuta. Z tohoto důvodu byl vytvořen ještě přehled identifikovaných a hodnocených rizik, které mohou vzniknout po

implementaci procesů souvisejících s digitalizací a konceptem Průmyslu 4.0, která jsou popsána v následující tabulce.

TABULKA XVIII. IDENTIFIKOVANÁ RIZIKA PO IMPLEMENTACI PRŮMYSLU 4.0

Skupina rizik	Identifikovaná rizika	P (Pravděpodobnost)	D (Dopad)	HR (Hodnota rizika)
Finanční	Tržní rizika (změny tržních cen)	3	3	9
	Neefektivní hospodaření (neúsporné finanční řízení)	3	4	12
	Neúplné a nepřesné odhady nákladů	3	3	9
	Návratnost investice do implementace konceptu	3	4	12
	Ztráta zákazníků (ztráta zisku)	3	5	15
	Ztráta know-how	2	5	10
Informační	Nedostatek znalostí a zkušeností s novými technologiemi	4	5	20
	Chyby z informací o dodavatelích	4	2	8
	Nedorozumění a nesprávné použití implementovaných metod/technologií	3	5	15
	Špatně zmapované a měřené procesy	3	5	15
	Špatný informační tok v organizaci	3	4	12
	Nadměrné měření dat (Big Data) – zahlcení daty	4	4	16
	Špatně zvolená a vyhodnocená data (velká data)	2	4	12
	Ztráta dat	3	5	15
Provozní	Nedostatečné kybernetické zabezpečení (ztráta integrity)	3	4	12
	Nedostatečná údržba strojů	1	5	5
	Špatné plánování výroby	2	5	10
	Zpoždění dodávek materiálu od dodavatele	2	5	10
	Ztráta dodavatelů	1	5	5
	Distribuční problémy (nedostatek přepravních vozidel)	1	5	5
	Nedostatečná provázanost mezi procesy a IT systémy	3	5	15
	Výpadek cloudu	2	5	10
	Výpadek proudu	2	5	10
	Selhání systému CPS	2	5	10
	Výroba vadného produktu	2	5	10
	Neinovativní produkt	3	5	15
	Poškození senzoru se specifikací produktu	1	5	5
Selhání sítě IoT	3	5	15	
Sociální	Krádež a nejistota	1	3	3
	Vandalství	1	4	4

	Nedostatek kvalifikovaných pracovních sil	5	4	20
	Nedostatečné školení zaměstnanců	3	5	15
	Nepřijímání nové filozofie Průmyslu 4.0 zaměstnanci	3	5	15
	Havárie/Nehoda během pracovní činnosti	1	5	5
	Nedostatek manažerského zájmu	3	5	15
	Složitá organizační struktura (špatně vymezené nebo překrývající se odpovědnosti)	3	5	15
Environmentální	Zemětřesení	1	3	3
	Požár	2	4	8
	Bouře	3	2	6
	Povodně	1	4	4
	Poškození větrem	3	2	6

5.1.6 Zhodnocení současného stavu norem a standardů

V rámci navržené metodiky je ještě doporučeno, aby bylo na závěr provedeno zhodnocení současných norem a standardů, které daná společnost používá a souvisí s jednotlivými problematikami. Důvodem je, že implementované procesy a nově zavedené pracovní role mohou mít velké dopady na zmíněnou oblast. Obecně lze normy a standardy definovat jako závazná pravidla a požadavky, které se mohou týkat různých oblastí jako managementu kvality, rizik, informačních technologií a mnoho dalších. Jejich účelem a zároveň největším přínosem je takzvaná standardizace, tedy sjednocení požadavků týkajících se organizačních záležitostí nebo vlastností produktů, služeb či procesů. Jako další přínosy lze uvést kompatibilitu, interoperabilitu, ale i třeba ochranu zákazníků nebo sjednocení komunikace. Existují mnoho způsobů, jak lze normy a standardy rozdělovat. Mohou se totiž rozlišovat na psané a nepsané, technické a netechnické. Navíc podle toho, čeho se daná norma nebo standard týká, tak jsou i rozdílného rozsahu platnosti, ale i míry závaznosti. Pro řízení společnosti jsou především důležité mezinárodní (ISO), národní, evropské (EN), podnikové a technické či oborové normy.

- Mezinárodní – jedná se o normy a standardy, které jsou mezinárodně platné a uznávané (například – ISO či EN)
- Národní – normy a standardy platné v rámci státu, které byly definované příslušným národním úřadem (například – ČSN)

- Podnikové – jedná se o určitá pravidla stanovená v rámci podniku či organizace (například – směrnice)
- Oborové – jedná se o standardy a normy definované určitým oborovým orgánem (například – účetní či webové standardy)

Avšak uvnitř podniku nebo organizace se lze kromě těchto uvedených typů norem a standardů lze setkat například s výkonovou, morální či právní normou nebo i obchodními a technickými standardy. Uvedená problematika je obvykle spojena i s takzvanou certifikací neboli oprávněním používat značku daného standardu, které navíc slouží i jako mezinárodně platné potvrzení o spolehlivosti určité služby nebo výrobku. [144]

V rámci navržené metodiky nelze předem určit, které normy a standardy bude daná společnost používat a jak velké dopady budou mít zavedené změny. Z tohoto důvodu bylo tedy provedeno zhodnocení pouze vybraných, a to podniky nejpoužívanějších současných norem s cílem identifikovat možné rizikové oblasti z hlediska digitální transformaci a implementaci konceptu Průmyslu 4.0. Dále byl proveden ještě průzkum týkající se zjištění názoru oslovených elektrotechnických společností na vytvoření jednotného standardu pro implementaci konceptu Průmyslu 4.0.

TABULKA XIX. PŘEHLED NOREM ZHODNOCENÝCH Z HLEDISKA POŽADAVKŮ PRŮMYSLU 4.0

Označení normy	Název	Identifikovaná rizika
ISO 9001	Systém managementu kvality	Kompetence a odpovědnosti
ISO 14001	Systém environmentálního managementu	x
ISO 31000 a ISO 3101	Risk management (Řízení rizik – Principy a směrnice)	Nejsou stanoveny kontrolní orgány Odpovědnosti za rizika
	Management rizik – Techniky posuzování rizik	
ISO 27001	Informační technologie – Bezpečnostní techniky – Systém bezpečnosti informací – Požadavky	x
ISO 27002	Informační technologie – Bezpečnostní techniky – Soubor postupů pro opatření bezpečnosti informací	x
ISO 27032	Informační technologie – Bezpečnostní techniky – Směrnice pro kybernetickou bezpečnost	x

Následně byl ještě proveden průzkum, jehož cílem bylo zjistit, zda by oslovení respondenti chtěli vytvoření jednotného standardu, který by se týkal implementace konceptu Průmyslu 4.0. Z vyhodnocených výsledků vyplývá, že stále více než polovina respondentů chápe koncept Průmyslu 4.0 spíše jako myšlenku, která nikdy nebude uskutečněna nebo ho považuje za velmi předběžný koncept, a tudíž ho ani nechtějí v daném podniku zavádět. U oslovených respondentů za podniky, kteří koncept Průmyslu 4.0 chtějí zavádět nebo již v podniku implementují, tak bylo zjištěno, že každý z nich má trochu jinou představu, co daný koncept obnáší a vůbec znamená. Ale ohledně dotazu na vytvoření jednotného standardu, který by se týkal implementace konceptu Průmyslu 4.0, tak se všichni tito dotázaní shodli, že by byli pro jeho vytvoření.

Co se týče zhodnocení vybraných norem a standardů, tak bylo zjištěno, že z hlediska digitální transformace a konceptu Průmyslu 4.0. je největším rizikem stanovení kompetencí odpovědností za jednotlivé procesy nebo i samotná rizika, která mohou nastat. V současných normách je definováno, že organizace by sama měla určit a mít k dispozici osoby pro fungování a řízení procesů nebo, že by sama měla stanovit vlastníka rizik či kontrolní orgány. Avšak je důležité uvědomit si, že z hlediska konceptu Průmyslu 4.0 bude většina procesů nejen automatizována, ale i řízena především pomocí autonomních systémů. Je tedy otázkou, kdo bude tedy za daný proces odpovědný, zda zaměstnanec, robot/autonomní systém, který by sám měl nastavovat změny v procesu na základě vyhodnocených dat nebo společnost, která autonomní systém vytvořila a naprogramovala. V rámci organizace může navíc také docházet k tomu, že odpovědnosti nebudou zcela jasné nebo se budou prolínat s odpovědností jiné pracovní role. To může být i způsobeno tím, co bylo zjištěno v rámci průzkumu, tedy, že největší identifikovaných problém je především v rozdílném chápání samotného konceptu Průmyslu 4.0.

Pokud má tedy skutečně koncept Průmyslu 4.0 v budoucnu fungovat a firmy by ho měly zavádět, tak na základě provedeného zhodnocení současných norem a průzkumu by bylo vhodné vytvořit samostatný standard, který by navazoval na současné normy a zároveň by sjednocoval nejen základní informace a pojmy, ale definoval i možné řešení odpovědností a dále popis postupů/technik pro implementaci daného konceptu. Pokud koncept Průmyslu 4.0 nebude standardizovaný nelze očekávat, že jej firmy budou zavádět.

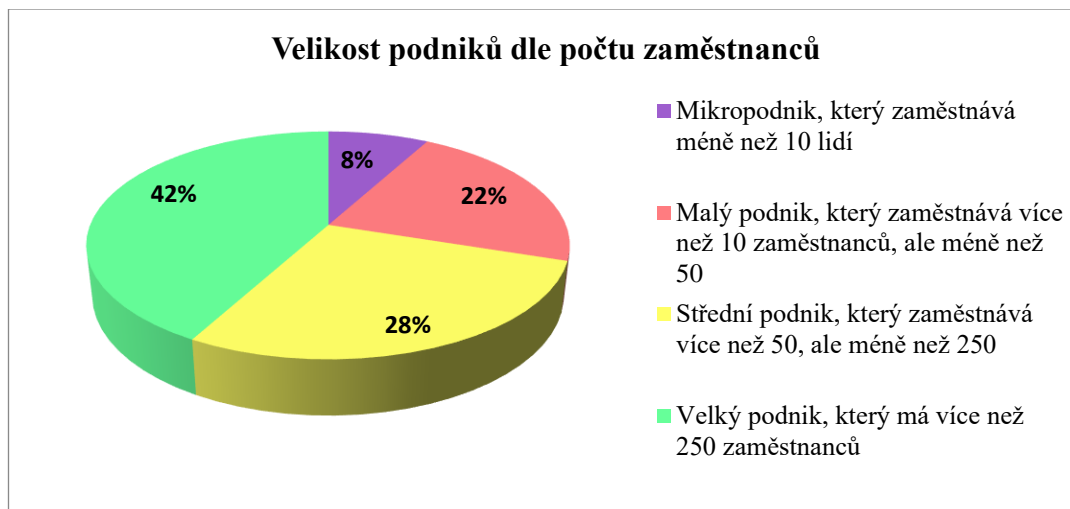
5.2 Ověření navržené metodiky a hypotéz

Hlavním cílem disertační práce byl návrh nové a ucelené metodiky vycházející z procesního řízení, která by sloužila pro posouzení připravenosti podniků na digitální transformaci a koncept Průmyslu 4.0. Obsahem této části disertační práce je zhodnocení získaných výsledků, a především ověření navržené metodiky a dále stanovených hypotéz, které jsou na základě získaných výsledků a dat potvrzeny nebo vyvráceny. Vzhledem k tomu, že by měla navržená metodika přispět v oblasti manažerského plánování a rozhodování při implementaci digitální transformace a konceptu Průmyslu 4.0, tak bylo i samotné ověření metodiky provedeno ve spolupráci s vybranými podniky a odpovědnými osobami z praxe, které mají dlouholeté zkušenosti a znalosti v oblasti manažerského plánování a rozhodování. Analyzované podniky i oslovené odpovědné osoby jsou záměrně v disertační práci uvedeny anonymně, avšak jejich hlavní charakteristiky, které nejsou na údaje citlivé, jsou zde popsány.

5.2.1 Výstupy aplikace hodnotícího modelu

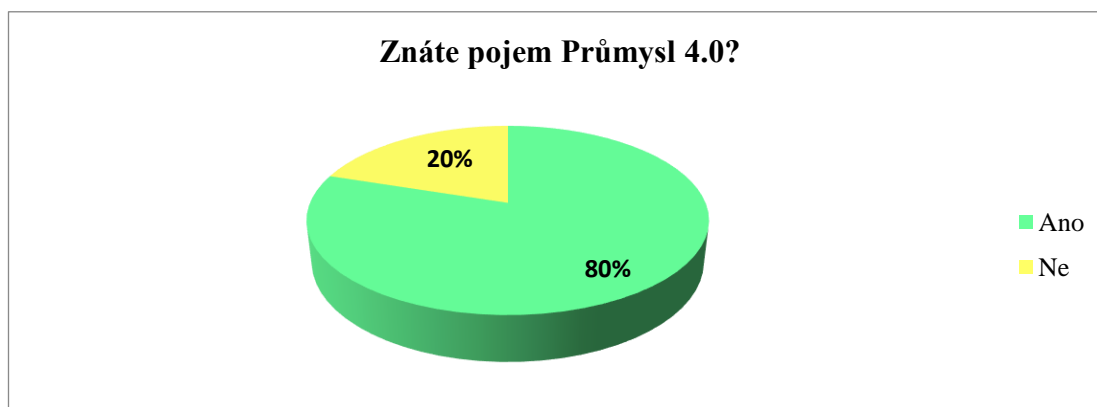
Uvedená část disertační práce shrnuje výsledky z provedeného hodnocení oslovených podniků pomocí navrženého hodnotícího modelu, které bylo realizováno v roce 2021. Cílem provedeného hodnocení bylo nejen ověření aplikovatelnosti a funkčnosti navrženého modelu, ale i získat aktualizovaná data o daném sektoru. Nejvýznamnější získaná a vyhodnocená data jsou dále uvedena a rozdělena dle jednotlivých oblastí, kterých se týkají. Nejprve jsou uvedeny výsledky týkající se současné úrovně oslovených podniků zjištěné na základě celkového vyhodnocení pomocí hodnotícího modelu a pak následně data týkající se zhodnocení jednotlivých oblastí. V rámci ověření navrženého hodnotícího modelu bylo celkem osloveno 150 společností, jejichž oborem podnikání je elektrotechnika a mají hlavní sídlo v České republice nebo se jedná o mezinárodní podniky, jejichž některá ze světových poboček má sídlo v České republice. Uvedené podniky byly osloveny jako reprezentativní vzorek a na to základě náhodného výběru. Výběr byl nejprve proveden pomocí registru ekonomických subjektů ARES a následně pomocí vyhledání webových stránek příslušného podniku, kde byly získány kontaktní údaje na zástupce. Avšak z celkem oslovených se provedeného hodnocení nakonec zúčastnilo 50 podniků, za které ve většině případů vyhodnocení vyplnil vedoucí manažer nebo ředitel. Jednou z podmínek pro zajištění objektivitu metodiky bylo, že má být aplikovatelná na malé, střední i velké podniky, tak i

analyzovaný a hodnocený vzorek má zastoupení z každé z těchto skupin. Na následujícím obrázku je zobrazen graf, který popisuje zařazení zúčastněných podniků z hlediska velikosti podniku, a to podle počtu zaměstnanců.



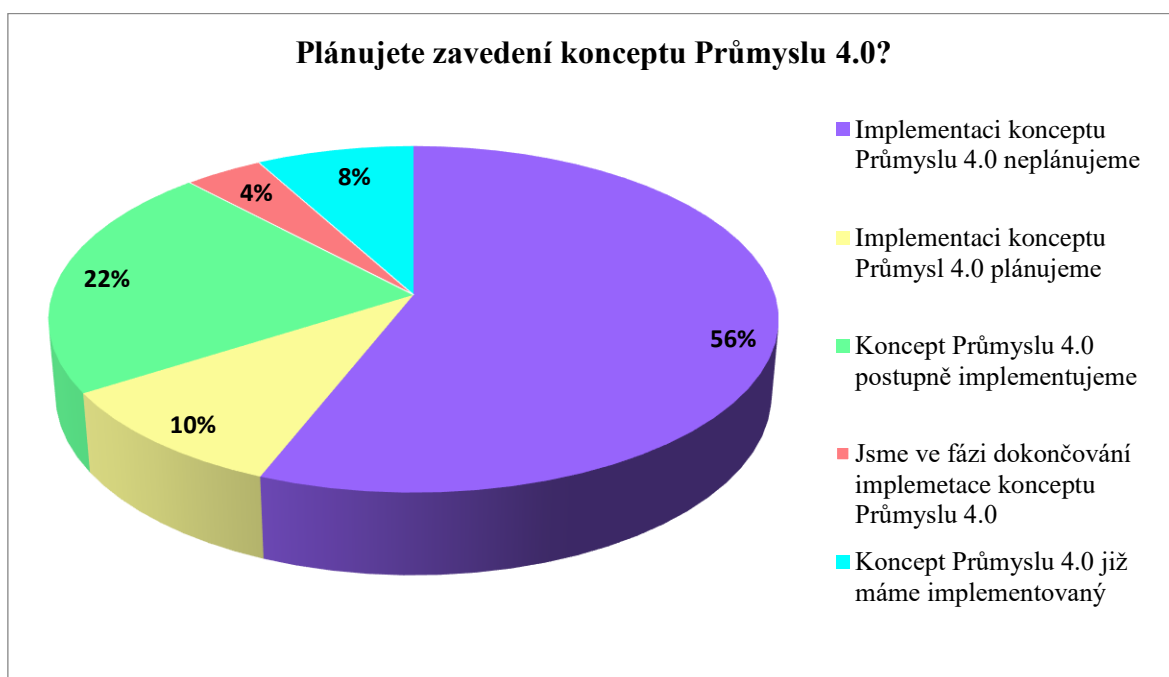
44. Počet zúčastněných podniků rozdělených dle velikosti podniku z hlediska počtu zaměstnanců

Následně bylo zjišťováno, kolik z dotázaných respondentů zná pojem Průmysl 4.0. Ze získaných dat vyplývá, že více než polovina dotázaných daný pojem zná, pouze 20 % z oslovených pojem Průmysl 4.0 nezná. Respondenti, kteří zodpověděli, že daný pojem neznají, patřily do skupiny mikro nebo malých podniků. Naopak dle výsledů jsou střední a velké podniky s daným konceptem více obeznámeni. Na základě těchto dat bylo dále zkoumáno, co podle nich nejlépe charakterizuje koncept Průmyslu 4.0. Většina respondentů uvedla pojmy digitální továrna a dále automatizace a robotizace.



45. Povědomí respondentů o znalosti pojmu Průmyslu 4.0

Dále bylo zjišťováno, zda je v oslovených společnostech plánován nebo již zaváděn koncept Průmyslu 4.0. Na následujícím obrázku je zobrazen graf vyhodnocených dat, ze kterých vyplývá, že stále větší část podniků koncept Průmyslu 4.0 implementovat neplánuje, celkem tak odpovědělo 56 % dotázaných. Převážná většina těchto respondentů patřila do skupiny mikro a malých podniků. Na základě těchto výsledků lze konstatovat, že skupiny mikro a malých podniků spíše daný koncept buď neznají nebo ho nechtějí implementovat, protože to vzhledem k velikosti podniku nepovažují za nutné. U středních a velkých podniků je názor na implementaci konceptu spíše vyrovnaný, polovina respondentů koncept Průmyslu 4.0 již implementuje nebo implementaci plánuje a druhá polovina ho naopak zavádět nechce.



46. Názor respondentů na implementaci konceptu Průmyslu 4.0

Předchozí data jsou uvedena, jelikož byla zahrnuta do celkového hodnocení jako subjektivní názor podniku pro porovnání s jeho dosaženou úrovní připravenosti, která byla vypočtena a stanovena prostřednictvím navrženého hodnotícího modelu. V rámci vyhodnocení prostřednictvím hodnotícího modelu bylo nejprve provedeno obodování odpovědí respondentů a následně byla vypočítána celková připravenost jednotlivých podniků dle matematického vzorce, který byl popsán v rámci podkapitoly 5.1.2.1, veškeré výpočty pro připravenost jednotlivých dotázaných podniků jsou uvedeny v disertační práci v příloze D. Následující tabulky slouží pouze k popisu již hlavních dosažených výsledků

podniků, kteří implementaci konceptu Průmyslu 4.0 buď plánují, v současné době zavádějí, a nebo ho mají dle svého názoru již implementovaný. Podniky, ve kterých se koncept Průmyslu 4.0 nebude implementovat, tak nejsou v tabulce uvedeny, protože se již neúčastnily dalšího hodnocení, tedy u nich nelze stanovit, v jaké úrovni připravenosti by se nacházely.

TABULKA XX. ZHODNOCENÍ DOSAŽENÉ PŘIPRAVENOSTI PODNIKŮ VS. SUBJEKTIVNÍ HODNOCENÍ FIREM

Podnik	Subjektivní hodnocení	Dosažené výsledky (%)	Vyhodnocení dle dotazníku
1	Implementaci konceptu Průmysl 4.0 plánujeme	19%	Začátečník
2	Implementaci konceptu Průmysl 4.0 plánujeme	*20%	Začátečník
3	Koncept Průmyslu 4.0 postupně implementujeme	26%	Mírně pokročilý
4	Koncept Průmyslu 4.0 postupně implementujeme	27%	Mírně pokročilý
5	Koncept Průmyslu 4.0 již máme implementovaný	27%	Mírně pokročilý
6	Koncept Průmyslu 4.0 postupně implementujeme	36%	Mírně pokročilý
7	Koncept Průmyslu 4.0 postupně implementujeme	*40%	Mírně pokročilý
8	Implementaci konceptu Průmysl 4.0 plánujeme	41%	Středně pokročilý
9	Koncept Průmyslu 4.0 postupně implementujeme	42%	Středně pokročilý
10	Implementaci konceptu Průmysl 4.0 plánujeme	43%	Středně pokročilý
11	Koncept Průmyslu 4.0 postupně implementujeme	45%	Středně pokročilý
12	Implementaci konceptu Průmysl 4.0 plánujeme	45%	Středně pokročilý
13	Koncept Průmyslu 4.0 postupně implementujeme	48%	Středně pokročilý
14	Koncept Průmyslu 4.0 již máme implementovaný	50%	Středně pokročilý
15	Koncept Průmyslu 4.0 postupně implementujeme	53%	Středně pokročilý
16	Koncept Průmyslu 4.0 postupně implementujeme	55%	Středně pokročilý
17	Koncept Průmyslu 4.0 již máme implementovaný	56%	Středně pokročilý
18	Jsme ve fázi dokončování implementace konceptu Průmyslu 4.0	59%	Středně pokročilý
19	Koncept Průmyslu 4.0 postupně implementujeme	*60%	Středně pokročilý
20	Koncept Průmyslu 4.0 postupně implementujeme	67%	Pokročilý
21	Koncept Průmyslu 4.0 již máme implementovaný	68%	Pokročilý
22	Jsme ve fázi dokončování implementace konceptu Průmyslu 4.0	*80%	Pokročilý

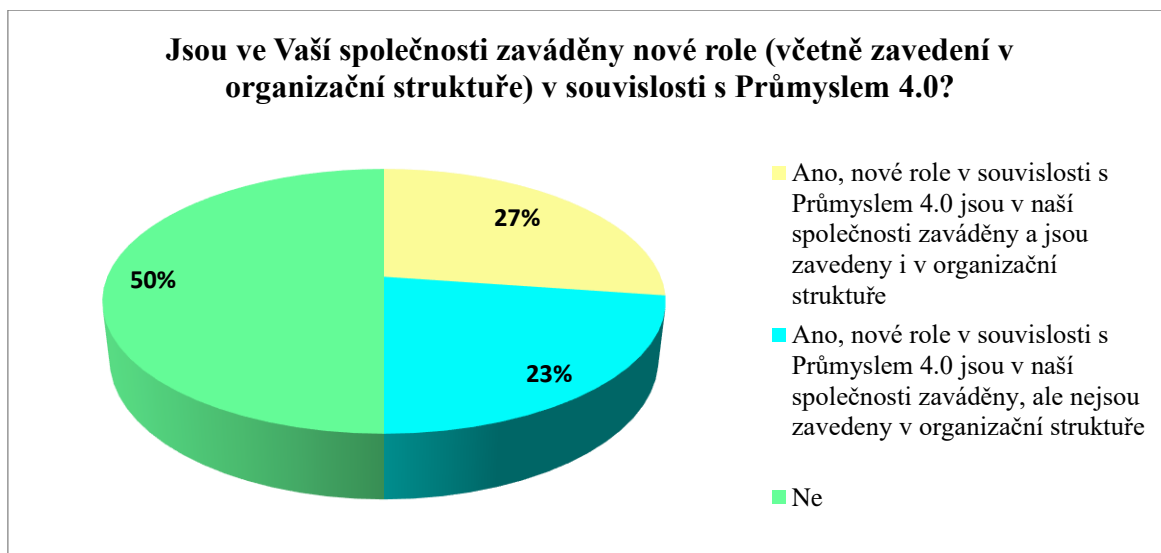
TABULKA XXI. CELKOVÉ VYHODNOCENÍ ÚROVNĚ PŘIPRAVENOSTI ZÚČASTNĚNÝCH PODNIKŮ

Úroveň (Level)	Rozmezí	Počet podniků
Expert	≤100%	0
Pokročilý	≤80	3
Středně pokročilý	≤60	12
Mírně pokročilý	≤40%	5
Začátečník	≤20%	2
Outsider	≤0%	0

Z výsledků vyplývá, že subjektivní hodnocení respondentů většiny z dotázaných podniků je shodné s celkovou dosaženou úrovní vyhodnocenou prostřednictvím navrženého hodnotícího modelu. Uvedené podniky byly tedy většinou respondenty hodnoceny reálně, tři z respondentů hodnotily podnik více kriticky, než je jeho dosažená úroveň připravenosti a u čtyř podniků bylo naopak subjektivní hodnocení přeceněno. Hlavním důvodem těchto rozdílů může být právě odlišné chápání a představa samotného konceptu Průmyslu 4.0. Navíc některé firmy, ačkoliv chtějí teprve procesy digitalizace nebo i samotného koncept Průmyslu 4.0 implementovat, tak již v současné době mohou být na některé z úrovní mírně/středně pokročilý, a to v závislosti na tom, jaké technologie a systémy pro svoji činnost v současné době využívají a jaká je úroveň jejich procesů. Z celkového vyhodnocení úrovně připravenosti bylo tedy zjištěno, že tři podniky dosáhly úrovně pokročilý, dvanáct podniků je na úrovni středně pokročilých, 5 podniků dosáhlo úrovně mírně pokročilý a dva podniky dosáhly úrovně začátečník.

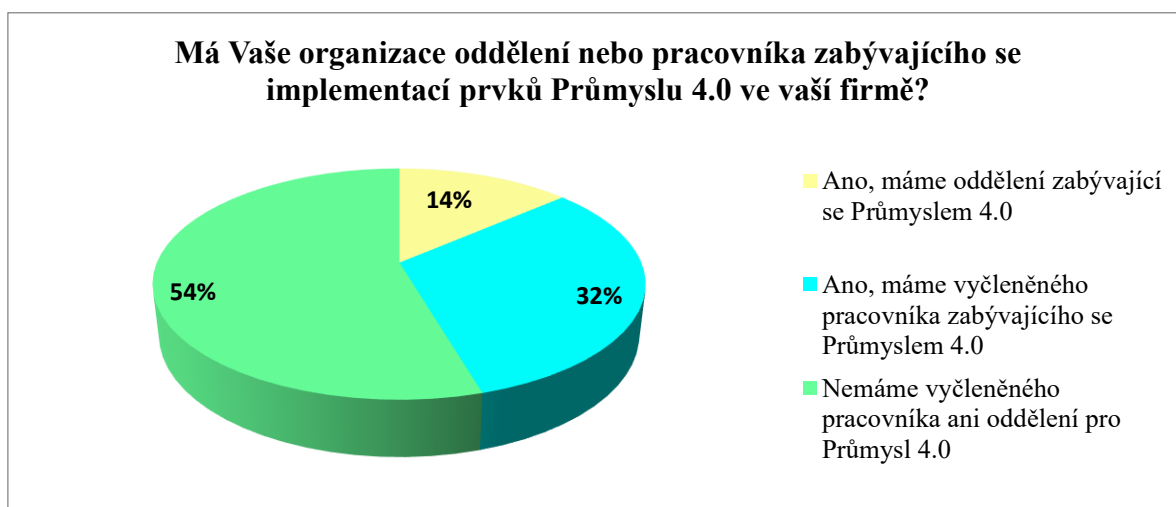
5.2.2 Zhodnocení současného stavu z hlediska zavádění nových pracovních rolí a rozšiřování kompetencí

Jak vyplývá z výsledků disertační práce, tak pro správnou a úspěšnou implementaci a provoz konceptu Průmyslu 4.0 budou lidské zdroje, a především jejich připravenost z hlediska znalostí a dovedností týkajících se používání nových technologií hrát klíčovou roli. Z tohoto důvodu je důležité zjistit, jaký je současný stav připravenosti podniků i v uvedené oblasti. Proto bylo na základě literární rešerše vytvořeno a do hodnotícího modelu zařazeno několik základních otázek z dané oblasti, na které respondenti zúčastněných společností odpovídali. Cílem bylo zjistit, zda jsou vůbec ve společnostech zaváděny nové role související s konceptem Průmyslu 4.0, zda společnosti mají pracovníka nebo přímo oddělení, které se zabývá implementací daného konceptu, zda disponují nezbytnými pracovními pozicemi a personálním zajištěním v oblasti IT útvaru, zda jsou již rozšiřovány náplně a kompetence zaměstnanců, zda ve firmě probíhají školení zaměstnanců a jaké digitální kompetence jsou převážně firmou od zaměstnanců požadovány. Na následujícím obrázku je zobrazen graf, který popisuje výsledky od respondentů, zda jsou ve společnostech zaváděny nové role v souvislosti s konceptem Průmyslu 4.0 a jestli jsou tyto role zavedeny i v organizační struktuře, protože jak již bylo uvedeno, vznik nových procesů a s ním související vznik nových pracovních rolí může mít velký dopad na celou organizační strukturu.



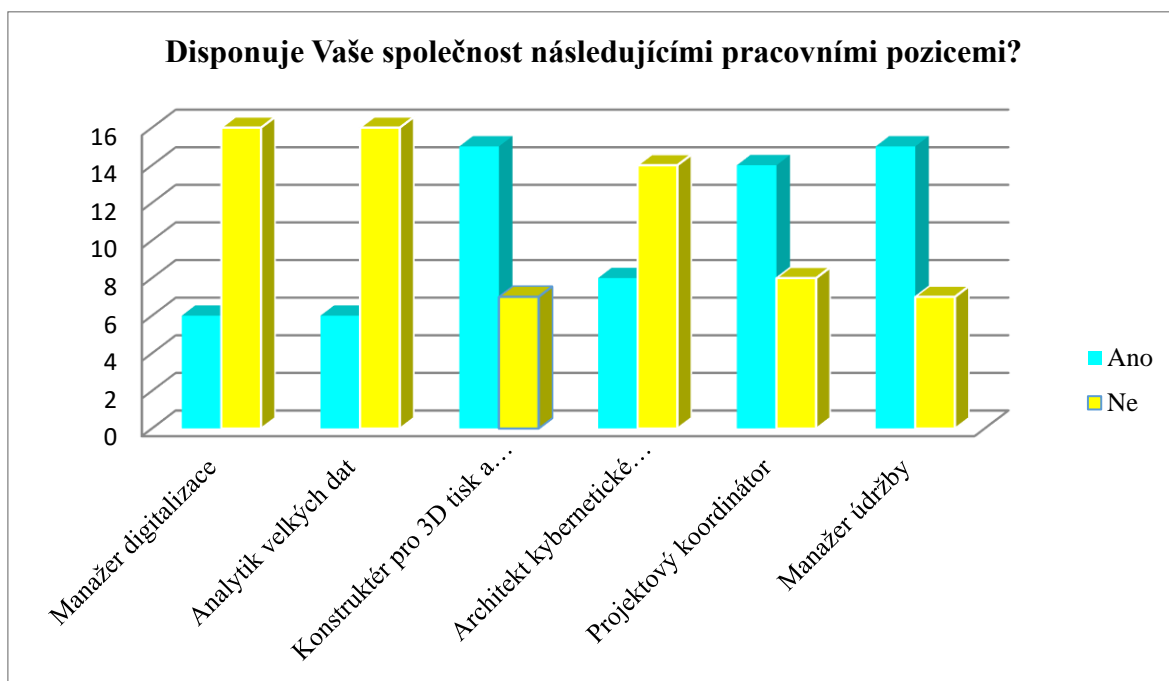
47. Zhodnocení míry zavádění nových rolí ve společnostech

Ze získaných a vyhodnocených dat vyplývá, že polovina respondentů v současné době stále nezavádí nové role související s daným konceptem. Avšak důvody jsou různé, některé oslovené společnosti totiž koncept Průmyslu 4.0 budou teprve implementovat, naopak jiné společnosti nezavádí nové pracovní role, protože pouze mění nebo rozšiřují náplně práce současných pracovních pozic. Naopak druhá polovina respondentů zodpověděla, že nové role do společnosti zavádí a z toho 27 % dotázaných uvedlo, že nové role jsou do společnosti nejen zaváděny, ale jsou i zahrnuty v organizační struktuře, což by měl být optimální stav, jelikož jsou uspořádány vazby nadřízenosti, podřízenosti, pravomoci a odpovědnosti, a tudíž by mělo být sníženo riziko neshod. Další otázka byla zaměřena na zjištění, zda společnost má již pracovníka nebo oddělení zabývající se implementací konceptu Průmyslu 4.0.



48. Zhodnocení stanovení pracovníka/oddělení pro implementaci prvků konceptu Průmyslu 4.0

Více než polovina respondentů na tento dotaz uvedla, že zatím ve společnosti nemají vyčleněného pracovníka nebo přímo oddělení, které by mělo mít na starosti implementaci nových procesů souvisejících s konceptem Průmyslu 4.0. Příčiny opět mohou být shodné jako u předchozí otázky. Na druhou stranu 32 % respondentů odpovědělo, že mají stanoveného pracovníka pro tuto činnost a dokonce 14 % respondentů uvedlo, že mají ve společnosti přímo oddělení zaměřené na danou problematiku. Tato problematika souvisí i s velikostí daného podniku, malým podnikům může postačovat pouze jeden pracovník, který bude uvedenou činnost vykonávat, ale samozřejmě čím větší bude daná firma, tak tím bude zapotřebí více zaměstnanců. Proto většinou velké společnosti mají spíše celé oddělení zabývající se danou problematikou, jelikož mají rozsáhlejší výrobu. S implementací a provozem inteligentní továrny souvisí i určité pracovní role, které jsou nezbytné pro řízení nových technologií. S tím souvisí i následující otázka, jejímž cílem bylo zjistit, zda společnosti disponují těmito pracovními rolami, na následujícím obrázku je zobrazen graf popisující zjištěná data.



49. Zhodnocení integrace nezbytných pracovních rolí

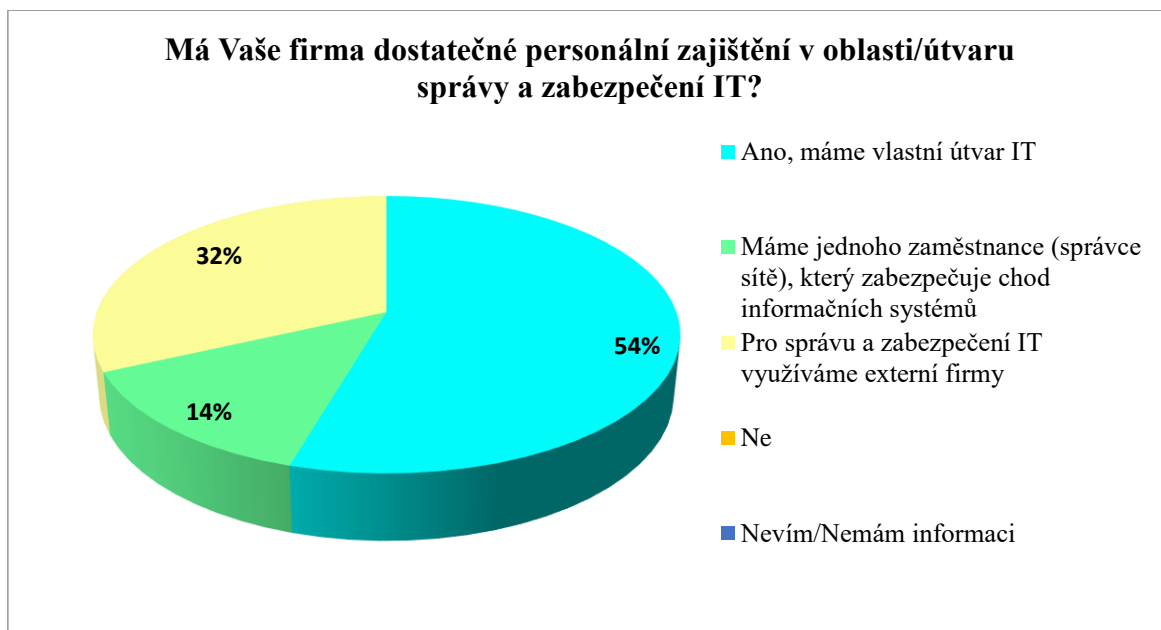
Z odpovědí respondentů vyplývá, že většina firem zatím nemá stanovené pracovní role, jako jsou manažer digitalizace, analytik velkých dat nebo architekt kybernetické bezpečnosti. Avšak uvedené pracovní role jsou pro implementaci, a především provoz chytré továrny nezbytné. Naopak více než polovina uvedla, že v podniku mají pracovní pozice typu

manažer údržby, projektový koordinátor nebo konstruktér pro 3D tisk a CAD/CAM technologie. Na danou problematiku navazoval i další dotaz, který byl zaměřen na průzkum, zda jsou ve firmě rozšiřovány pracovní náplně a kompetence zaměstnanců. Respondenti měli za úkol ohodnotit tento dotaz pomocí Likertovy stupnice o rozsahu od 1 (naprosto souhlasím) do 5 (naprosto nesouhlasím), na následujícím obrázku je zobrazen graf týkající se zjištěných výsledků.



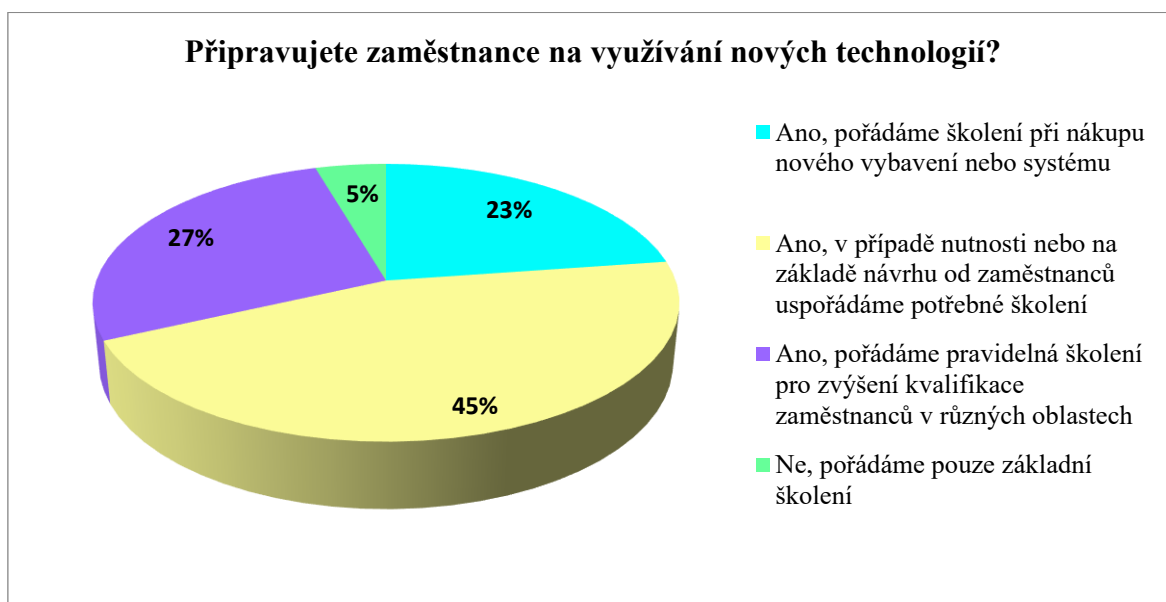
50. Názor respondentů na rozšiřování pracovní náplně a kompetencí

Ze zjištěných dat vyplývá, že většina oslovených firem se spíše snaží o rozšiřování pracovních náplní a kompetencí zaměstnanců. Následně byl ještě zkoumán i současný stav personálního zajištění v oblasti útvaru správy a zabezpečení IT. Oddělení správy a zabezpečení IT bude představovat nezbytnou součást chytré továrny, bez které by nebylo možné zajistit její provoz. Na dotaz, zda tedy firma má dostatečné personální zajištění v oblasti IT, tak více než polovina respondentů odpověděla, že firma má dostatečné personální zajištění v oblasti IT útvaru, jelikož ve firmě mají vlastní oddělení. Dále z celkového počtu oslovených 32 % uvedlo, že jejich firma využívá pro správu a zabezpečení externí firmy a dále 14 % respondentů odpovědělo, že mají zaměstnance, který má na starosti správu a chod informačních systémů. Ve většině případů se jednalo o velké a střední firmy, které uvedli, že mají vlastní IT oddělení nebo využívají externí firmy. Z hlediska implementace konceptu Průmyslu 4.0 je právě pro firmy výhodnější, pokud již mají vlastní IT oddělení, které může spolupracovat s manažerem digitalizace při implementaci konceptu a upozornit ho nejen na různé problémy z hlediska správy, ale i mu napomoci při výběru systémů. Výhodou je, že taková firma bude mít vlastní know-how v dané oblasti, avšak nevýhodou může být delší doba implementace.



51. Zhodnocení stavu personálního zajištění v oblasti IT útvaru

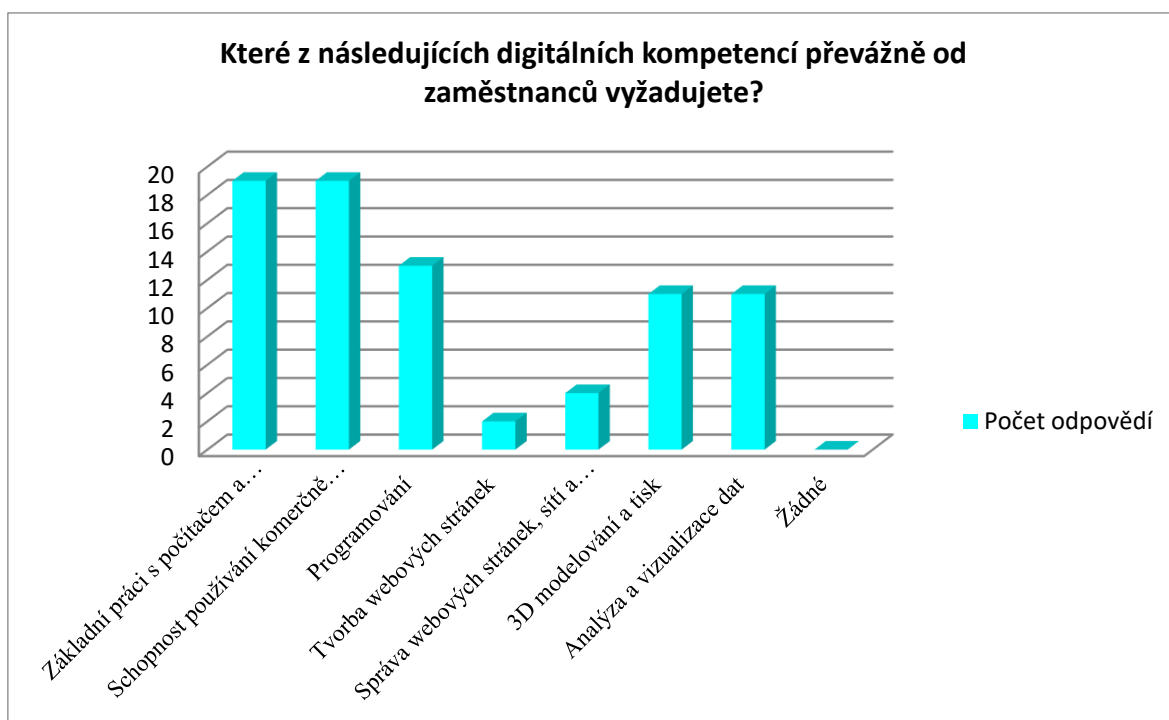
Důležitou součástí pro připravenost zaměstnanců na digitální transformaci a koncept Průmyslu 4.0 je průběžné školení týkající se používání nových technologií. Z tohoto důvodu měli dotazovaní uvést, zda jejich firma pořádá taková školení či nikoliv. Na následujícím obrázku je zobrazen graf popisující zjištěné výsledky.



52. Hodnocení respondentů ohledně pořádání školení v rámci firmy

Na základě vyhodnocených dat lze říci, že téměř všechny oslovené firmy provádí školení zaměstnanců. V některých případech jsou školení v podnicích prováděna pravidelně,

jiní respondenti uvedli, že školení provádí pouze při nákupu nového vybavení a pouze 5 % dotázaných odpovědělo, že jsou pořádána pouze základní nutná školení. Poslední dotaz byl zaměřen na zjištění, které digitální kompetence jsou v dané firmě od zaměstnanců převážně požadovány. Jednotlivé digitální kompetence byly stanoveny na základě provedené literární rešerše a zahrnovaly – Základní práci s počítačem a správou souborů (znalost Word, Excel, PowerPoint), základní práce s internetem a komunikace, schopnost používání komerčně dostupných firemních informačních systémů (např. ERP), programování, tvorba webových stránek, správa webových stránek, sítí a databází, 3D modelování a tisk, analýza a vizualizace dat. V tomto případě mohli respondenti zvolit i více odpovědí, na následujícím obrázku je zobrazen graf popisující zjištěná data.



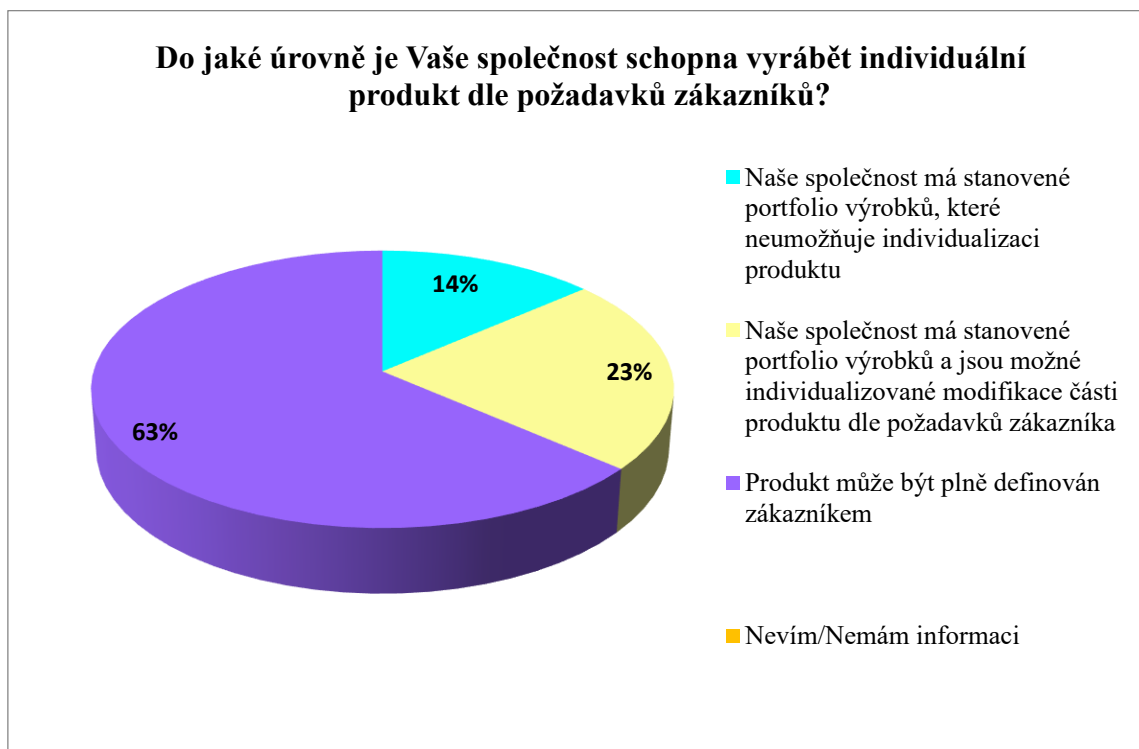
53. Zhodnocení převážně požadovaných digitálních kompetencí zaměstnanců

Téměř všichni respondenti uvedli, že jejich firma od zaměstnanců požaduje, aby uměli základní práci s počítačem a správou souborů (znalost Word, Excel, PowerPoint), uměli používat internet a uměli komunikovat nejen prostřednictvím e-mailů nebo sociálních sítí, ale i pomocí různých programů jako Skype, GoogleMeet a další (v závislosti na tom, který program firma pro vnitřní komunikaci využívá). Stejně tak většina firem požaduje, aby zaměstnanci uměli používat komerčně dostupné firemní informační systémy. Více než polovina respondentů dále uvedla, že od zaměstnanců vyžadují znalost programování, 3D modelování a znalost ohledně analýzy a vizualizace dat. Na základě celého provedeného

průzkumu lze říci, že připravenost zaměstnanců se u jednotlivých firem liší a to v závislosti nejen na fázi implementace konceptu Průmyslu 4.0, ale i samotné velikosti daného podniku.

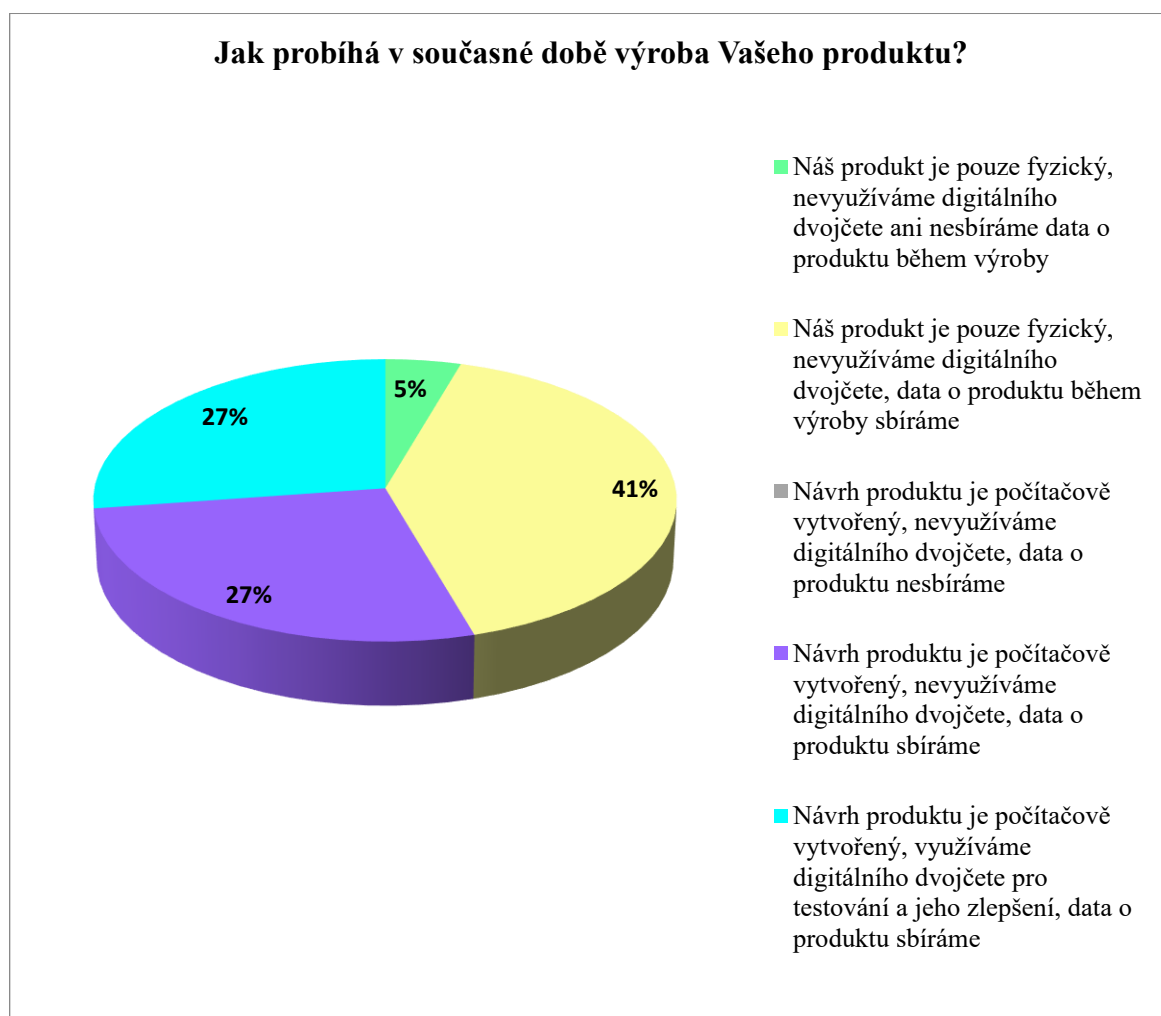
5.2.3 Zhodnocení současného stavu oblasti produktu a služeb

Provedený průzkum dále obsahoval několik dotazů, které byly zaměřeny především zhodnocení současného stavu připravenosti z hlediska samotného produktu a služeb. Respondenti měli například uvést, jaké jsou možnosti individualizace jejich vyráběného produktu, jakým způsobem v současné době probíhá samotná výroba daného produktu, jak společnost komunikuje se svými dodavateli a zákazníky. Ale zároveň byli respondenti v této části dotázáni i ohledně zavádění jednotlivých požadavků Zelené dohody EU do výroby. Z hlediska konceptu Průmyslu 4.0 bude možnost individualizace produktu zákazníkem nezbytná, jelikož zákazník bude přímo zapojen do výrobního procesu inteligentního produktu, a dokonce je předpokládáno, že v průběhu výroby bude moci sledovat aktuální stav objednaného výrobku. Z tohoto důvodu měli respondenti odpovědět, v jaké fázi možností individualizované výroby produktu se daná společnost nachází, získaná a vyhodnocená data jsou zobrazena na následujícím grafu.



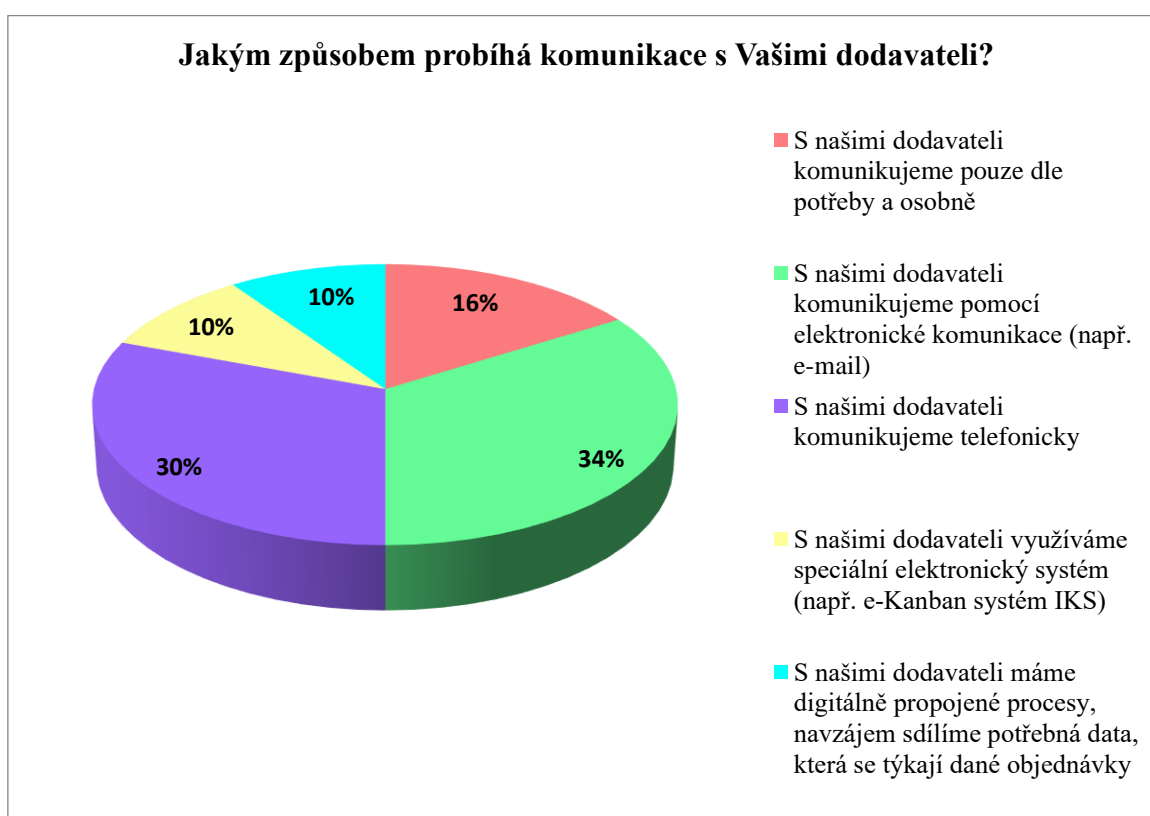
54. Zhodnocení míry možné individualizace produktu dle požadavků zákazníka

Z oslovených respondentů odpovědělo 63 %, že produkt jejich firmy může být plně definován zákazníkem, 23 % uvedlo, že společnost má stanovené portfolio výrobků, ale jsou možné individualizované modifikace částí produktu, zbývajících 14 % odpovědělo, že jejich firma má stanovené portfolio, ale bohužel bez možnosti individuálních změn. Z tohoto důvodu měli dotázaní zodpovědět další otázku, která navazovala na danou problematiku a jejím cílem bylo zjistit, jak probíhá v současné době výroba daného produktu. Respondenti si měli vybrat jednu z předem nabízených možností, které vychází z výsledků literární rešerše a popisují jednotlivé úrovně výroby produktu od pouze fyzické výroby bez sbírání dat o produktu během výroby až po nejvyšší možnou fázi, ve které je návrh produktu počítačově vytvořený, využívá se digitálního dvojčete pro jeho testování a optimalizaci a během výroby jsou sbírána data o daném produktu, výsledky z tohoto šetření jsou zobrazeny na následujícím obrázku.



55. Zhodnocení současného stavu výroby produktu

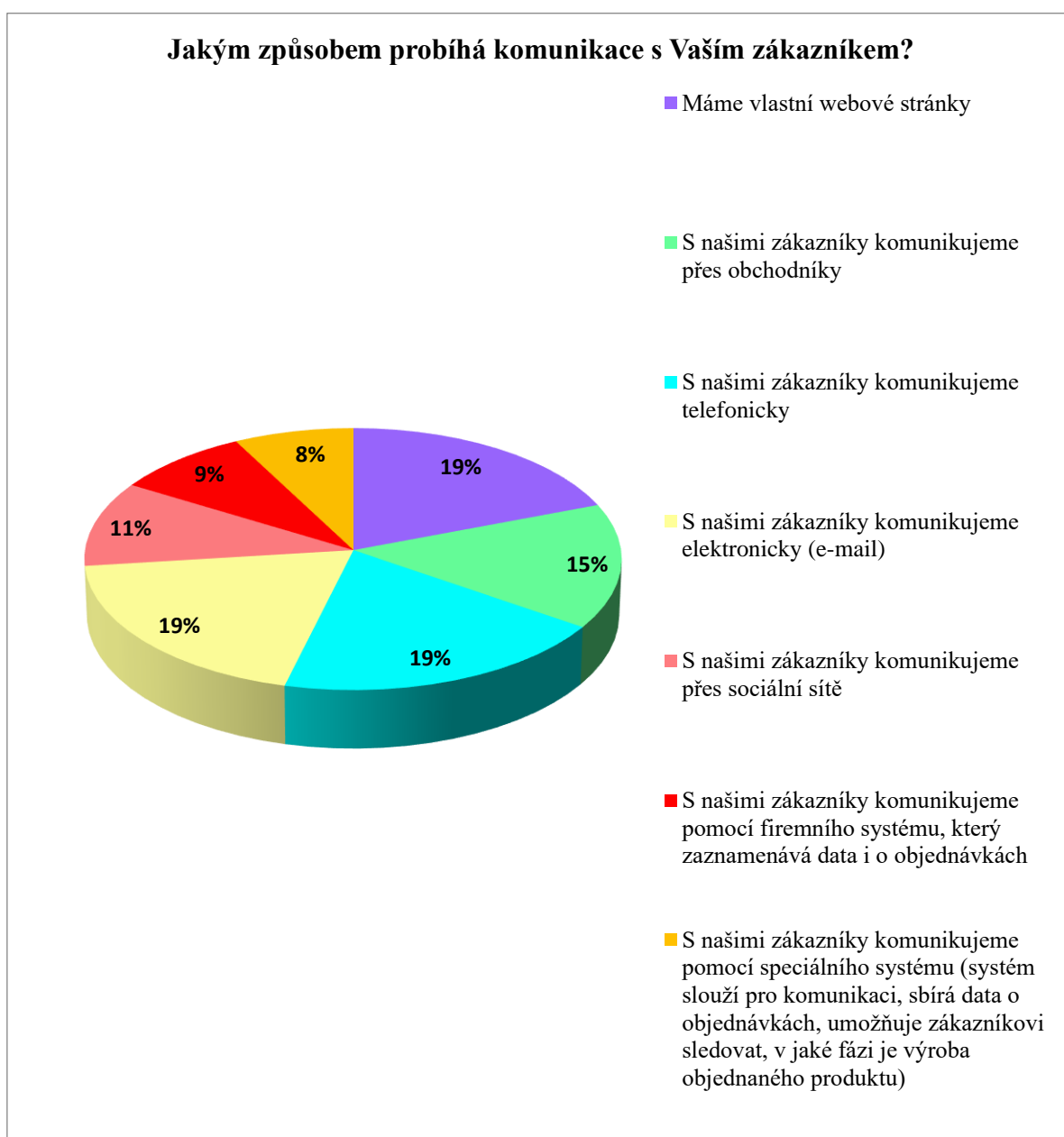
Z výsledků vyplývá, že 41 % respondentů produkt vytváří pouze fyzicky, nevyužívá počítačový návrh ani digitálního dvojčete, ale data o produktu jsou během výroby sbírána. Dále 27 % dotazovaných odpovědělo, že návrh produktu vytvářejí počítačově a data během výroby o produktu jsou shromažďována, ale nevyužívají digitálního dvojčete. Avšak dalších 27 % respondentů uvedlo, že návrh produktu je počítačově vytvořený, pro testování a optimalizaci využívají digitálního dvojčete a sbírají data o produktu. Pouze 5 % z dotázaných zodpovědělo, že jejich produkt je pouze fyzický a data o produktu nejsou sbírána. Tato data jsou pozitivní z hlediska úrovně digitalizace výrobku v rámci digitální transformace a implementace konceptu Průmyslu 4.0, jelikož více než polovina respondentů využívá možnost počítačového návrhu a sbírá data a informace o produktu během výroby. Při výrobě je nutné neustále doplňovat potřebné materiály a zdroje, z tohoto důvodu je důležité i hodnocení, jakým způsobem probíhá komunikace se samotnými dodavateli. Data zaměřená pro zhodnocení dané oblasti jsou zobrazena na následujícím obrázku.



56. Zhodnocení úrovně komunikace s dodavateli

Na základě vyhodnocených dat bylo zjištěno, že většina firem pro komunikaci se svými dodavateli využívá telefonickou a elektronickou komunikaci (např. prostřednictvím e-mailu). Mezi další způsoby, které podniky používají, patří osobní komunikace dle potřeby,

speciální elektronický systém jako je například e-Kanban a 10 % oslovených uvedlo, že mají digitálně propojené procesy a navzájem s dodavatelem sdílí potřebná data, která se týkají jednotlivých objednávek. Poslední otázka z dané oblasti byla zaměřena na zhodnocení úrovně komunikace se zákazníkem, vyhodnocení dané problematiky je zobrazeno na následujícím grafu. Z dat vyplývá, že firmy pro komunikaci se zákazníkem využívají vlastní webové stránky, telefonickou a elektronickou komunikaci, komunikaci přes obchodníky a 8 % dotázaných dokonce uvedla, že mají speciální systém, ve kterém jsou uvedeny nejen data o jednotlivých objednávkách, ale umožňuje zákazníkovi i sledovat, v jaké fázi se nachází výroba objednaného produktu.



57. Hodnocení způsobů komunikace se zákazníkem

5.2.4 Zhodnocení současného stavu procesů v organizacích

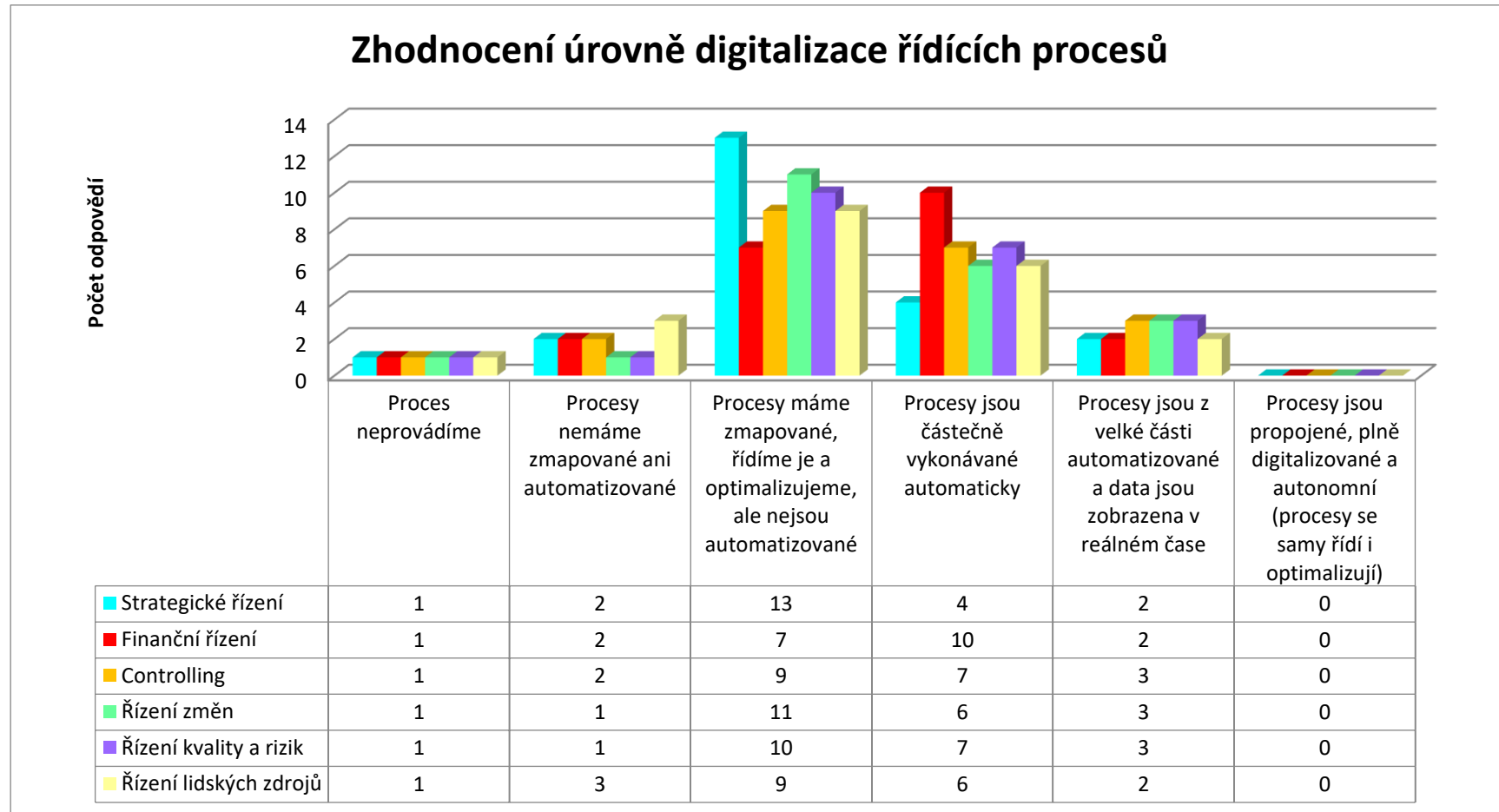
Úroveň připravenosti procesů je nedílnou součástí implementace konceptu Průmyslu 4.0, jelikož bez digitálních a propojených procesů bude nereálné, aby daný koncept v organizaci fungoval. Z tohoto důvodu byla na základě provedeného šetření zjišťována, jaká je v současné době připravenost podniků z hlediska nejen úrovně digitalizace jednotlivých procesů, ale i jejich vzájemné propojení s IT systémy organizace. Nejprve byly na základě procesní mapy identifikovány nejdůležitější procesy, které by společnost měla mít a poté byly zařazeny do jedné z následujících kategorií – řídicí, hlavní nebo podpůrné procesy. Rozdělení identifikovaných procesů do kategorií bylo následující:

- Řídicí procesy
 - Strategické řízení
 - Finanční řízení
 - Controlling
 - Řízení změn
 - Řízení kvality a rizik
 - Řízení lidských zdrojů
- Hlavní procesy
 - Vývoj produktů
 - Plánování výroby
 - Řízení výroby
 - Prodej a Marketing
 - Distribuce
- Podpůrné
 - Nákup strojů a vybavení
 - Nákup surovin/materiálu
 - Údržba a servis strojů
 - IT procesy/Kybernetická bezpečnost
 - Facility management (správa budov atd.)
 - Zpětný odběr vlastních výrobků a jejich likvidace
 - Recyklace a zpracování odpadu při výrobě
 - Skladování

Uvedené procesy měly být respondenty posouzeny nejprve z hlediska úrovně digitalizace. Z tohoto důvodu byly na základě literární rešerše definovány následující úrovně:

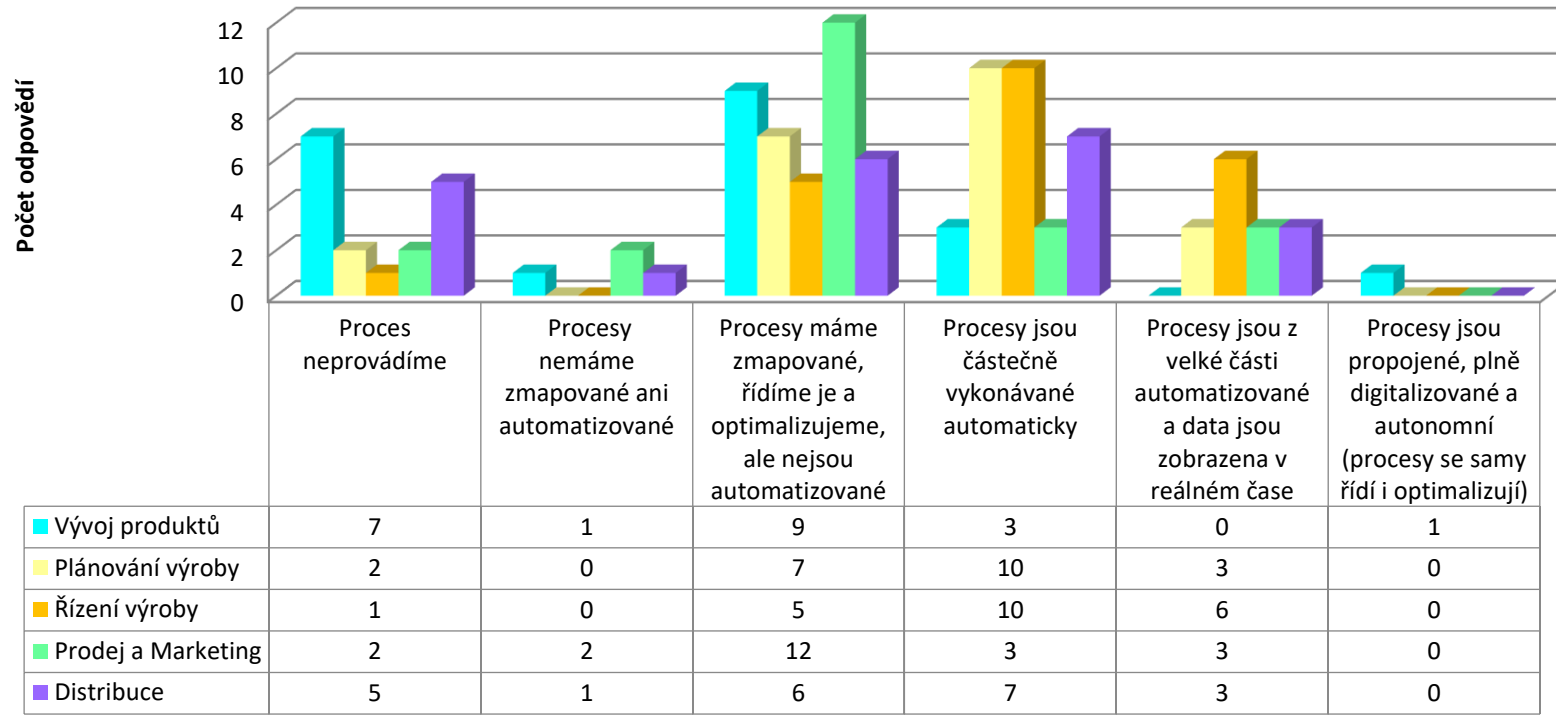
- Proces neprovádíme
- Procesy nemáme zmapované ani automatizované
- Procesy máme zmapované, řídíme je a optimalizujeme, ale nejsou automatizované
- Procesy jsou částečně vykonávané automaticky
- Procesy jsou z velké části automatizované a data jsou zobrazena v reálném čase
- Procesy jsou propojené, plně digitalizované a autonomní (procesy se samy řídí i optimalizují)

Na následujících obrázcích jsou zobrazeny grafy, které popisují zjištěné výsledky úrovní digitalizace vybraných procesů pro jednotlivé kategorie.



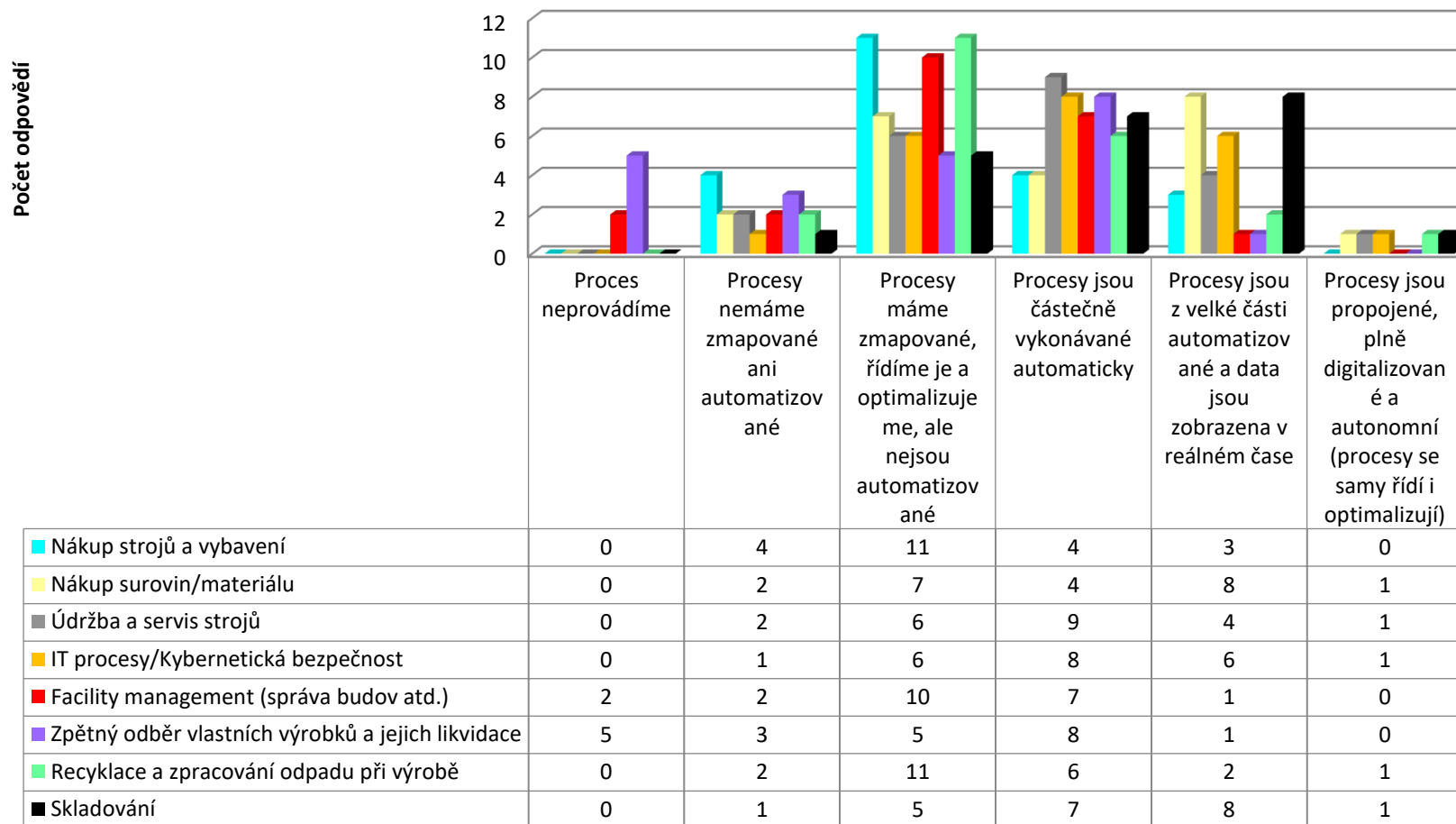
58. Zhodnocení současného stavu úrovně digitalizace řídicích procesů dotázaných společností

Zhodnocení současného stavu úrovně digitalizace hlavních procesů organizací



59. Zhodnocení současného stavu úrovně digitalizace hlavních procesů dotázaných společností

Zhodnocení úrovně digitalizace podpůrných procesů



60. Zhodnocení současného stavu úrovně digitalizace podpůrných procesů dotázaných společností

Z analyzovaných dat lze prokázat, že většina respondentů má řídicí procesy zmapované, řídí je a optimalizuje, ale nejsou automatizované nebo jsou tyto procesy částečně vykonávané automaticky. Nikdo z dotázaných nemá řídicí procesy na nejvyšší úrovni, tedy digitalizované a autonomní, ale některé firmy jsou již na úrovni, kdy mají tyto procesy automatizované a data jsou zobrazena v reálném čase.

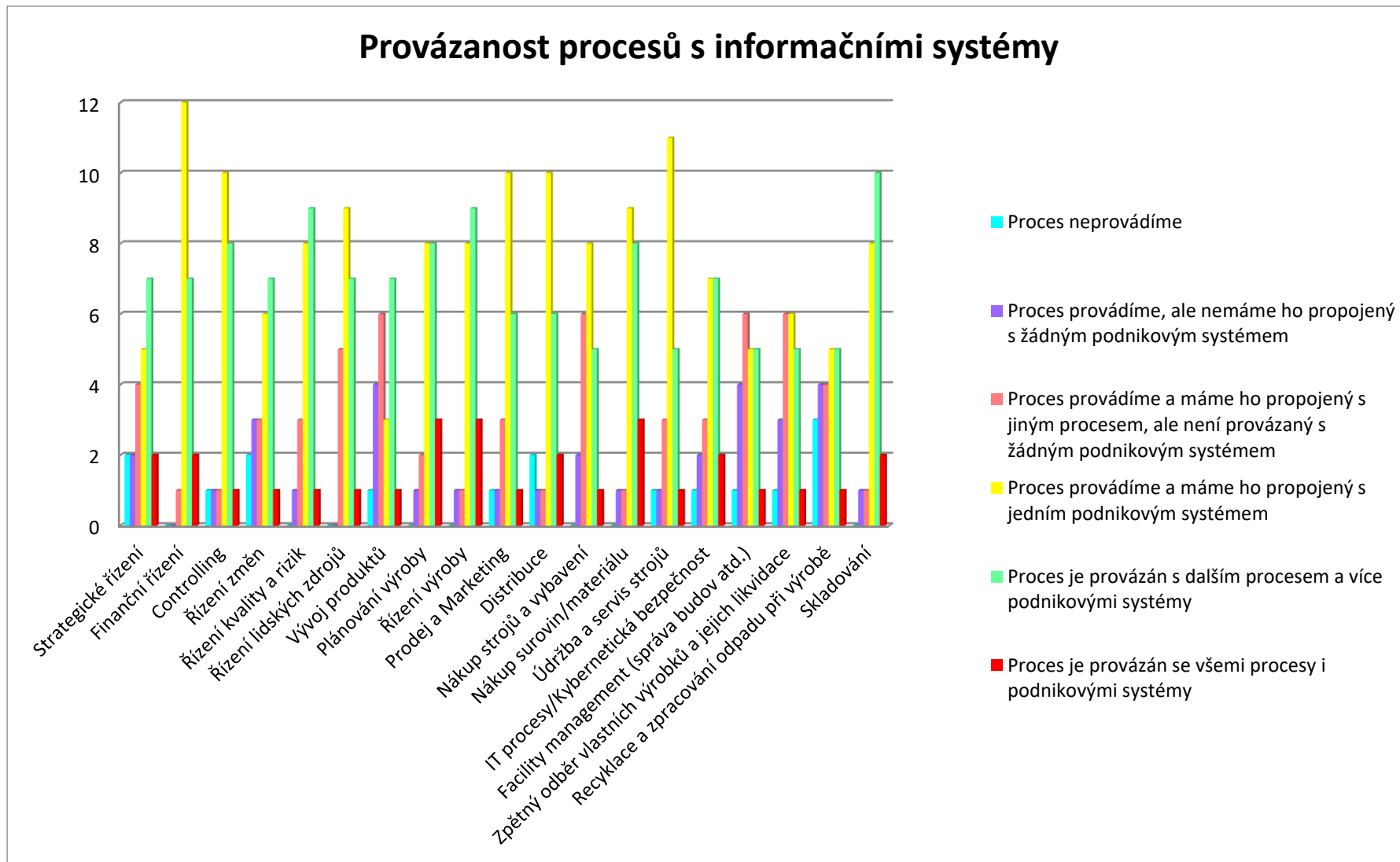
Co se týká hlavních procesů, tak opět většina respondentů odpověděla, že má tyto procesy zmapované, řídí je a optimalizuje, ale nemá je automatizované nebo jsou tyto procesy částečně vykonávané automaticky. U těchto procesů je i více odpovědí, že některé dotázané firmy uvedené procesy neprovádí, avšak to může být ovlivněno i tím, že daná firma je pobočkou větší společnosti, a tedy vykonává pouze určité procesy, například vývoj produktu nebo distribuci může vykonávat jiná pobočka dané firmy. Někteří z respondentů uvedli, že procesy již mají automatizované a data jsou zobrazována v reálném čase.

U podpůrných procesů znovu respondenti především uváděli, že procesy mají spíše zmapované, řídí je a optimalizují, ale nejsou automatizované nebo jsou tyto procesy částečně vykonávané automaticky. Avšak část respondentů odpověděla, že již má tyto procesy automatizované a data jsou zobrazena v reálném čase. Dále z výsledků vyplývá, že všechny dotázané firmy provádí recyklaci a zpracování odpadu při výrobě, ale některé firmy již neprovádí zpětný odběr vlastních výrobků a jejich likvidaci. Stejně tak dva z respondentů uvedli, že ve firmě neprovádí proces facility management. Avšak tyto procesy budou v budoucnu důležité nejen v rámci konceptu Průmyslu 4.0, ale i vzhledem k Zelené dohodě EU. Z celkových výsledků lze říci, že většina elektrotechnicky zaměřených společností má procesy zmapované, řídí je a optimalizujeme a nemá je automatizované nebo částečně vykonávané automaticky.

Protože všechny procesy organizace by měly být v rámci konceptu Průmyslu 4.0 navzájem propojené nejen mezi sebou, ale i s informačními systémy, tak měli respondenti následně posoudit i tuto provázanost a ohodnotit ji jednou z následujících možností:

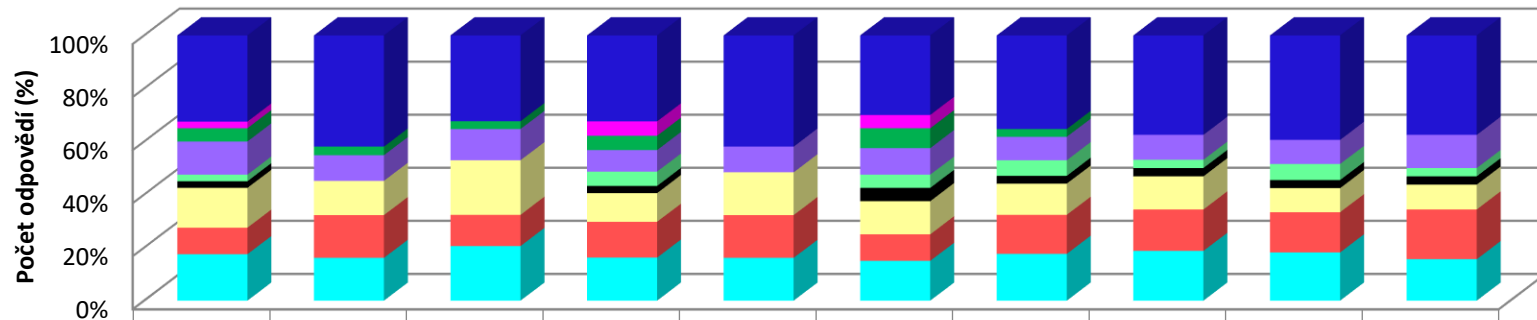
- Proces neprovádíme
- Proces provádíme, ale nemáme ho propojený s žádným podnikovým systémem
- Proces provádíme a máme ho propojený s jiným procesem, ale není provázaný s žádným podnikovým systémem
- Proces provádíme a máme ho propojený s jedním podnikovým systémem
- Proces je provázan s dalším procesem a více podnikovými systémy
- Proces je provázan se všemi procesy i podnikovými systémy

Provázanost procesů s informačními systémy



61. Zhodnocení provázanosti procesů s informačními systémy

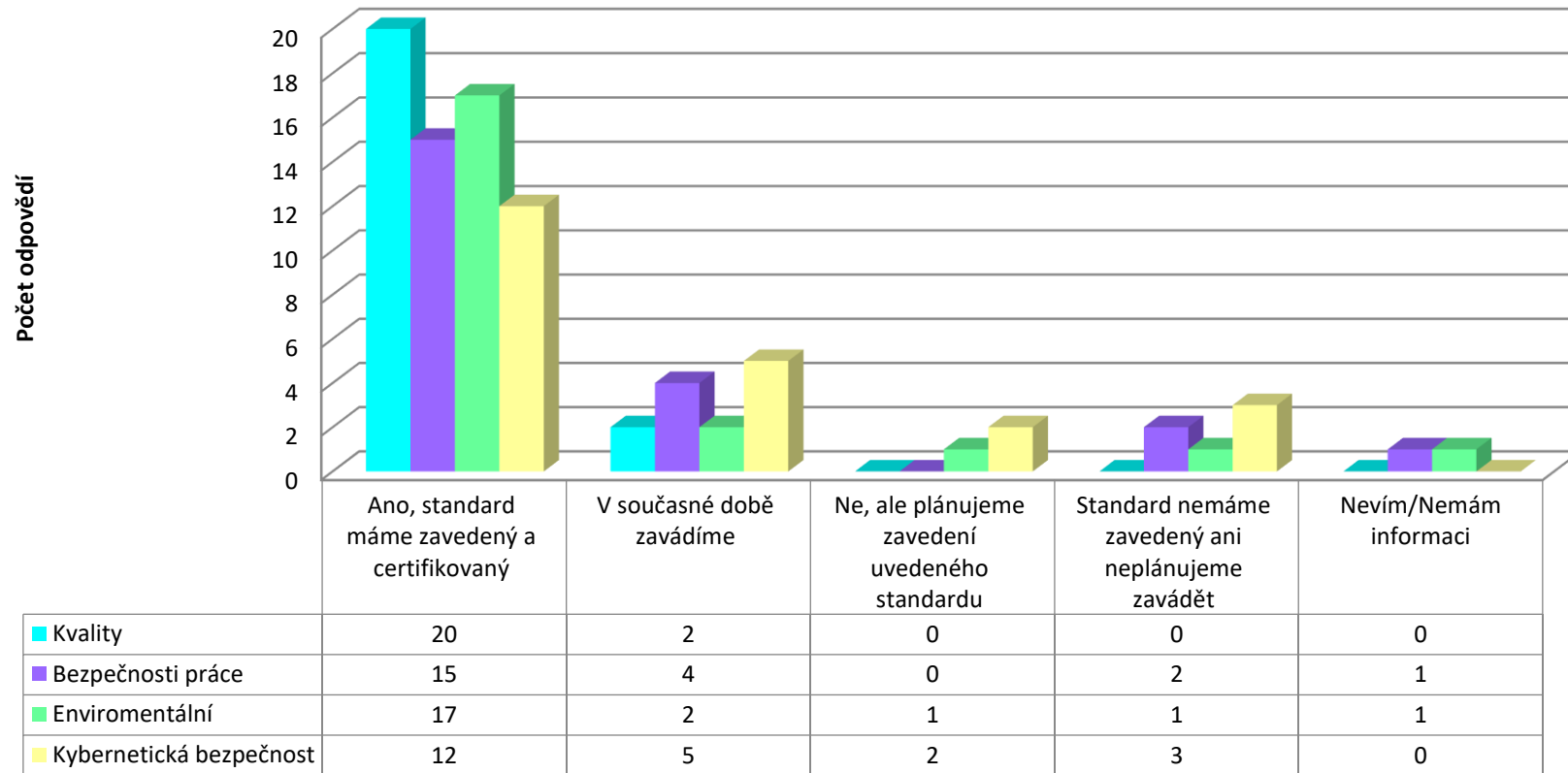
Posouzení vhodnosti vybraných metod pro řízení technologií chytré továrny



	Senzory pro měření	Digitální dvojče	Prediktivní údržba	Aktivní technologie	Analýza velkých dat	Automatizace a robotizace	Internet věcí (IoT)	Cloud computing	Kybernetické zabezpečení	Umělá inteligence
■ PROCESNÍ ŘÍZENÍ	13	13	11	12	13	12	12	12	13	12
■ SMED	1	0	0	2	0	2	0	0	0	0
■ KANBAN	2	1	1	2	0	3	1	0	0	0
■ KAIZEN	5	3	4	3	3	4	3	3	3	4
■ POKA-YOKE	1	0	0	2	0	2	2	1	2	1
■ MUDA	1	0	0	1	0	2	1	1	1	1
■ 5S	6	4	7	4	5	5	4	4	3	3
■ 5xWHY	4	5	4	5	5	4	5	5	5	6
■ PDCA CYCLE	7	5	7	6	5	6	6	6	6	5

62. Posouzení vhodnosti použití vybraných metod optimalizace procesů pro řízení technologií chytré továrny

Zhodnocení současného stavu vybraných standardů v rámci organizací



63. Zhodnocení současného stavu standardizace v rámci organizace

5.2.5 Ověření metodiky

Pro ověření navržené metodiky bylo provedeno strukturované interview, jehož cílem bylo zjistit, zda je popisovaná metodika nejen dostatečně srozumitelná pro ostatní, ale především, jestli by byla aplikovatelná a užitečná pro praxi, a to i pro jiné obory podnikání. Z tohoto důvodu byli osloveni tři nezávislí respondenti, kteří mají dlouholeté manažerské zkušenosti z praxe. Respondenti byli vybráni za různé podnikové oblasti a to IT, logistiky a výroby. Vybraným respondentům byla metodika nejprve představena a následně jim byly kladeny připravené otázky. V rámci disertační jména nejsou uvedeny jména jednotlivých respondentů, avšak bližší charakteristiky popsány jsou.

Respondent 1 – více než 10 let praxe z podniku WITTE Nejdek, spol. s r.o., pracovní pozice inženýr kvality projektů ve vývoji, manažer kvality ve vývoji, systémový inženýr kvality (moderátor FMEA, správa vývojového procesu, optimalizace procesů, interní lektor)

Respondent 2 – 5 let praxe z podniku VSP DATA, a.s., pracovní pozice manažer projektů v oblasti skladování, logistiky a distribuce.

Respondent 3 – více než 30 let praxe, zkušenosti z více podniků ŠKODA Plzeň, Siemens IT Solutions and Services CZ,s.r.o., Atos IT Solutions and Services CZ, s.r.o., OKsystem a.s., pracovní pozice vedoucí oddělení IT, projektový manažer, practice manažer, vedoucí oddělení rizik a excelence projektů, ředitel Divize služeb.

TABULKA XXII. PŘEHLED ODPOVĚDÍ Z PROVEDENÉHO INTERVIEW

Otázky strukturovaného interview	Respondent 1	Respondent 2	Respondent 3
Do jaké oblasti byste se zařadil z hlediska podniku?	Kvalita	Logistika	IT
Máte manažerské zkušenosti?	ANO	ANO	ANO
Máte znalosti a zkušenosti s procesním řízením?	ANO	ANO	ANO
Máte znalosti a zkušenosti s digitální transformací a konceptem Průmyslu 4.0?	ANO	Elementární znalosti a zkušenosti	Elementární znalosti a zkušenosti
Jsou pro Vás popsane kroky navržené metodiky jasné a srozumitelné?	ANO	ANO	ANO

(Pokud ne, o které části metodiky se jedná?)			
Myslíte si, že by navržená metodika byla přínosná pro praxi? Pokud ne, tak z jakého důvodu?	ANO	ANO	ANO
V čem vidíte hlavní přínosy navržené metodiky?	Systematizace postupu, Procesní modely	Jednoduchost a přehlednost	Strukturovanost a ucelenost
V čem vidíte hlavní nedostatky a problémy?	Nelze predikovat přesnou finanční a časovou náročnost projektů	Nelze určit finanční náklady jednotlivých projektů	Přirozený lidský odpor ke změnám (potřeba motivovat lidi, aby metodiku přijali a správně používali)

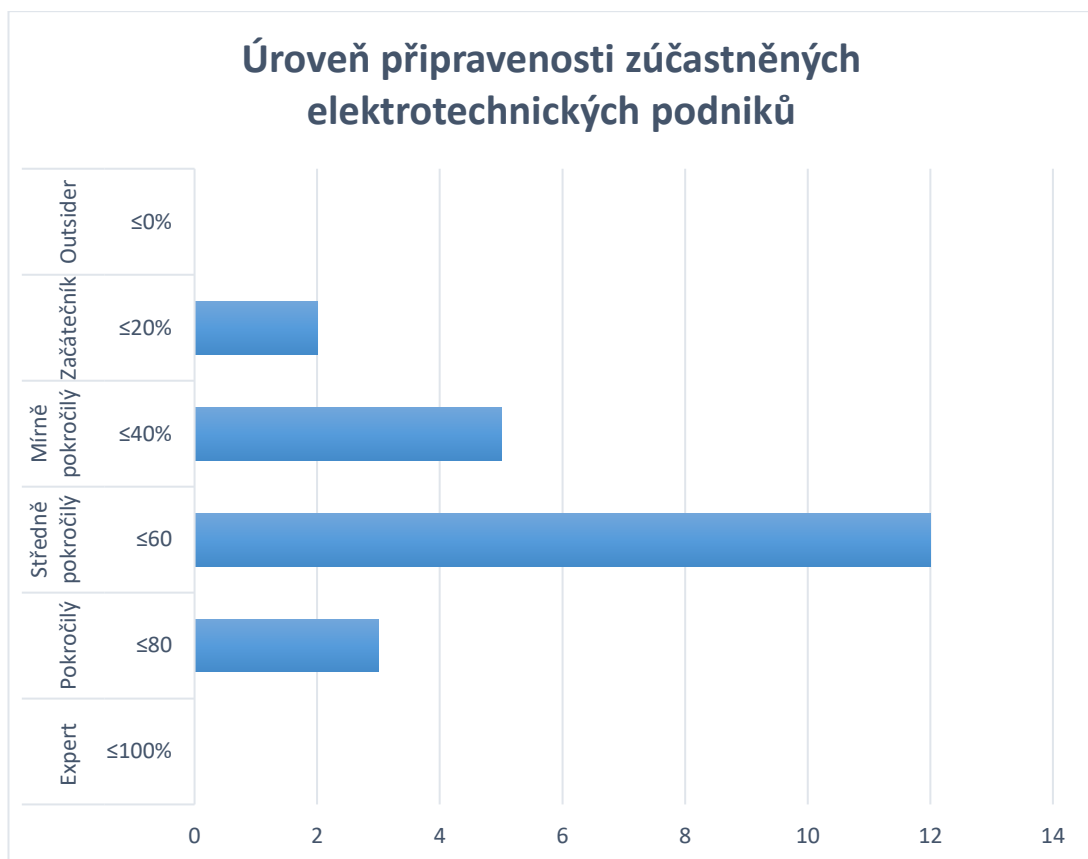
5.2.6 Ověření stanovených hypotéz

Hlavním cílem ověření bylo zjistit funkčnost, aplikovatelnost a srozumitelnost navržené metodiky, a to nejen na reálných datech z podniků, ale i prostřednictvím interview s vybranými odpovědnými osobami s dlouholetými zkušenostmi z praxe v oblasti manažerského plánování a rozhodování. Na základě těchto výstupů byla následně určována platnost stanovených hypotéz. V rámci tohoto výzkumu byly stanoveny celkem čtyři hypotézy.

H1) Vzhledem k současné situaci ovlivněné i pandemií Covid-19 se bude úroveň připravenosti elektrotechnických podniků nacházet mezi mírně a středně pokročilou.

Ověření platnosti uvedené hypotézy bylo stanoveno na základě provedeného průzkumu z roku 2021 a to prostřednictvím hodnotícího modelu. Dle výsledků bylo zjištěno, že z celkem 50 oslovených společností, tak 28 společností neplánuje implementaci digitální

transformace ani konceptu Průmyslu 4.0. Hodnotící model byl tedy aplikován na zbylých 22 společnostech z nichž 2 společnosti jsou na úrovni začátečníků, 5 společností je na úrovni mírně pokročilý, 12 společností se nachází v úrovni středně pokročilých, 3 podniky jsou již na úrovni pokročilý, ale žádná společnost se prozatím nenachází na úrovni experta. Protože u 28 společností byla uvedena odpověď, že zatím neplánují implementaci, a to z různých důvodů jako nedostatek finančních zdrojů nebo nedostatek kvalifikovaného personálu, tak u těchto podniků již nebyla dále zjišťována jejich současná úroveň připravenosti, tudíž nelze říci, že se tyto podniky již nenachází na nějaké úrovni připravenosti. V případě, že by byly zahrnuty pouze výsledky podniků, které realizovaly celé hodnocení dle navrženého hodnotícího modelu, pak by byla daná hypotéza potvrzena, protože z celkového počtu 22 se 17 podniků již nachází na úrovni mírně nebo středně pokročilý. Avšak vzhledem k tomu, že 28 společností se nezúčastnilo celého vyhodnocení prostřednictvím hodnotícího modelu, tak lze konstatovat, že hypotéza byla pouze **částečně potvrzena**.



64. Vyhodnocená úroveň připravenosti elektrotechnických podniků na koncept Průmyslu 4.0

H2) Elektrotechnické podniky, které se již zabývají implementací konceptu Průmyslu 4.0, tak budou mít stanovenou i strategii týkající se Zelené dohody EU, a to protože jsou na elektrotechnické podniky kladeny vysoké nároky ohledně kvality, spolehlivosti a bezpečnosti produktů.

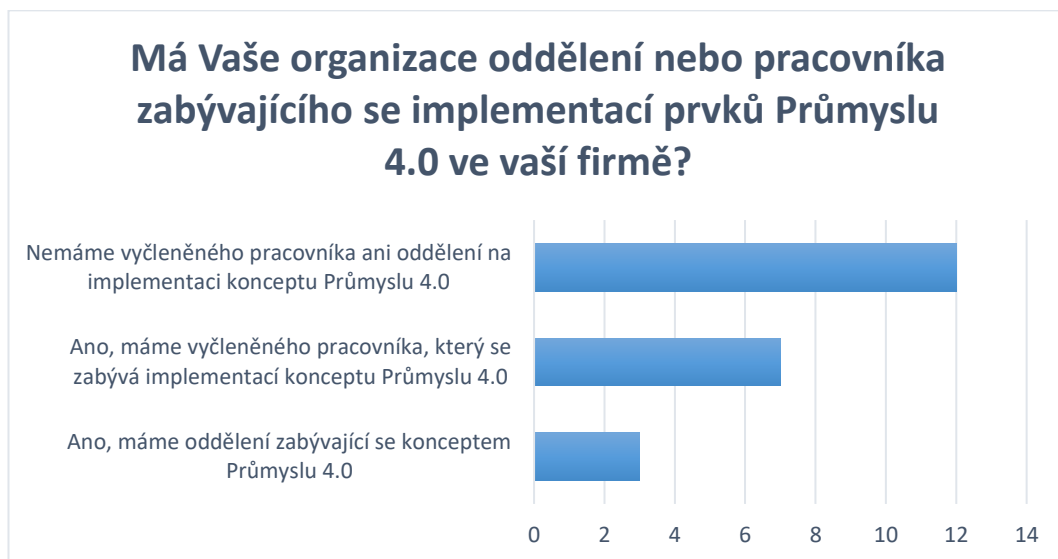
Tato hypotéza byla také ověřována na základě zjištěných výsledků z provedeného průzkumu v roce 2021 prostřednictvím hodnotícího modelu, vyhodnocená data jsou zobrazena na následujícím grafu. Z výsledků bylo zjištěno, že z celkového počtu 22 elektrotechnických firem, které budou nebo již zavádí digitální transformaci a koncept Průmyslu 4.0, tak 8 z nich má již stanovenou podnikovou strategii, která zahrnuje i požadavky Zelené dohody EU a výroby šetrné k životnímu prostředí. Avšak dalších 5 respondentů za podniky uvedlo, že jejich podniková strategie dané požadavky nezahrnuje a zbylých 9 dotázaných odpovědělo, že nemá k dispozici tyto informace. Na základě těchto dat lze říci, že byla hypotéza **vyvrácena**.



65. Vyhodnocená data týkající se zahrnutí požadavků Zelené dohody a výroby šetrné k životnímu prostředí do podnikové strategie

H3) Elektrotechnické podniky, které se již zabývají implementací konceptu Průmyslu 4.0, budou mít již zavedenou pozici manažera digitalizace nebo oddělení na koncept Průmyslu 4.0.

Aby byla uvedená hypotéza potvrzena nebo vyvrácena, tak bylo opět využito výsledků z průzkumu provedeného v roce 2021. Z vyhodnocených dat vyplývá, že více než polovina respondentů na tento dotaz uvedla, že zatím ve společnosti nemají vyčleněného pracovníka nebo přímo oddělení, které by mělo mít na starosti implementaci nových procesů souvisejících s konceptem Průmyslu 4.0. Důvody mohou být různé, některé oslovené společnosti totiž koncept Průmyslu 4.0 budou teprve implementovat, naopak jiné společnosti nezavádí nové pracovní role, protože pouze mění nebo rozšiřují náplně práce současných pracovních pozic. Na druhou stranu 7 respondentů odpovědělo, že mají stanoveného pracovníka pro tuto činnost a dokonce 3 respondenti uvedli, že ve společnosti mají přímo oddělení zaměřené na danou problematiku. Tato problematika souvisí i s velikostí daného podniku, malým podnikům může postačovat pouze jeden pracovník, který bude uvedenou činnost vykonávat, na rozdíl od velkých a středních firem, kde bude zapotřebí více zaměstnanců, kteří se budou zabývat danou problematikou. Na základě těchto výsledků lze říci, že daná hypotéza byla **vyvrácena**.



66. Vyhodnocené výsledky ohledně zajištění podniku v oblasti

H4) Implementací konceptu Průmyslu 4.0 a digitální transformací vzniknou nové nezbytné procesy, které ovlivní současnou hierarchizaci procesů.

Pro ověření platnosti dané hypotézy bylo využito literární rešerše na základě, které byla vytvořena i procesní mapa chytré továrny. Z provedené analýzy i vytvořených návrhů procesních map vyplývá, že implementací nových technologií vzniknou i nové procesy,

kteří budou mít skutečně vliv i na hierarchizaci procesů. K těmto procesům budou patřit především dříve podpůrné procesy z oblasti řízení ICT a informačních zdrojů (správa a řízení CPS, IoT a cloudu nebo kybernetické zabezpečení), které se stanou naopak řídicími procesy, bez kterých by chytrá továrna nemohla fungovat. Nově vzniklé procesy budou dále z oblasti prediktivního řízení (analýza velkých dat a digitální dvojče). Na základě těchto skutečností byla tato hypotéza **potvrzena**.

5.3 Návrh automatického výpočtu a webové aplikace

Vzhledem k tomu, že by zjištěné výsledky a navržená metodika měly sloužit jako pomocný nástroj pro firmy nebo jednotlivce, kteří se zajímají o problematiku digitální transformace a konceptu Průmyslu 4.0, tak z tohoto důvodu byl v rámci disertační práce vytvořen automatický výpočet pro navržený hodnotící model a dále byl zpracován návrh webových stránek. Webové stránky totiž představují možnost, jak interaktivní formou rozšířit informaci pro uživatele, a především pro podniky, které by měly možnost tímto způsobem nejen bezplatně zjistit svoji úroveň připravenosti, ale i zde nalézt základní informace o daném konceptu.

5.3.1 Vytvoření automatického výpočtu hodnocení připravenosti podniků

Aplikace GoogleForms je součástí bezplatné webové sady Google Docs Editors a slouží pro tvorbu a správu dotazníkových šetření a kvízů. Uvedený nástroj nabízí mnoho výhod, mezi které patří - možnost sdílení dotazníku/kvízu s dalšími řešiteli, automatická záloha dat na cloudovém úložišti, kompatibilita s ostatními aplikacemi od společnosti Google, uživatelé se rychle a snadno naučí s nástrojem pracovat, možnost různých designů dotazníků a výběr různých typů otázek. Avšak tento nástroj má i své nevýhody, především uživatel musí být zaregistrován a mít Google účet, dále musí být uživatel během vytváření a práce s aplikací připojený k internetu, další nevýhodou je omezená možnost nastavení bodové škály, a to pouze v rozmezí od 1-5 (nelze nastavit půl body) a bodování lze nastavit pouze za celou otázku nikoliv pro jednotlivé odpovědi. Z těchto důvodů nebylo možné použít automatického vyhodnocení celkové úrovně připravenosti podniků dle stanovené škály bodování a vah jednotlivých otázek (viz. příloha D). Proto bylo vytvořeno vlastní řešení výpočtu pomocí Tabulek Google, které bylo následně navázáno na již vytvořený hodnotící formulář. Aby bylo možné provést celkové vyhodnocení, tak nejprve musely být veškeré

formulované otázky včetně bodování a jednotlivých vah přepsány do vytvořené Tabulky Google, viz obrázek.

číslo otázky	9		10	
Text otázky	Aplikujete ve firmě standardy systému řízení?		Máte stanovený plán kontinuity podnikání?	
Váha otázky	0,03		0,04	
Maximální počet bodů z	6		1,5	
	odpověď	body	odpověď	body
	Ano, standard máme zavedený a certifikovaný	1,5	Ne, ale plánujeme jeho přípravu	0,5
	Ne, ale plánujeme zavedení uvedeného standardu	0,5	Ne, plán kontinuity podnikání vůbec stanovený nemáme	-0,5
	Nevím/Nemám informaci	0	Nevím/Nemám informaci	0
	Standard nemáme zavedený ani neplánujeme zavádět	-0,5	Plán kontinuity již máme stanovený	1,5
	V současné době zavádíme	1	V současné době jsme ve fázi tvorby/stanovení plánu kontinuity podnikání	1

67. Ukázka definovaných otázek v aplikaci Tabulky Google

Jakmile byly nadefinovány všechny otázky z dotazníku, tak musela být vytvořena na dalším listu pomocná tabulka (nazvaná zkráceně Pom) pro výpočet jednotlivých bodů za otázku.

Respondent/otázka	9	9	9	9	10	11	12	13	13	
1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1	0,5	0,5	0,5	-0,5
2	2	1,5	1	0,5	-0,5	1,5	0,5	1,5	0,5	0,5

68. Ukázka pomocné tabulky pro výpočet bodů

Důvodem pro vytvoření pomocné tabulky bylo, že dotazník obsahoval tři různé typy otázek a pro každý z těchto typů musel být nadefinován specifický vzorec pro výpočet bodů.

Nadefinované vzorce pro výpočet bodů za jednotlivé typy otázek:

- Možnost výběru pouze jedné odpovědi

=ArrayFormula(IFS(ROW(Odpovedi!A:A)=1;"12";ISBLANK(Odpovedi!A:A);,TRUE;VLOOKUP(Odpovedi!Q:Q;'Definice odpovědí'!\$H\$6:\$I\$10;2;FALSE)))

12. V jaké fázi definování strategie pro implementaci Průmyslu 4.0 se nacházíte? *

Strategii pro implementaci konceptu Průmyslu 4.0 nemáme vůbec definovanou

Jsme ve fázi přípravy a definování strategie pro implementaci konceptu Průmyslu 4.0

Strategii máme definovanou a postupně implementujeme dílčí prvky konceptu

69. Příklad typu otázky - výběr jedné možnosti

- Mřížka výběru z možností

```
=ArrayFormula(IFS(ROW(Odpovedi!$A:$A)=1;"22";ISBLANK(Odpovedi!$A:$A));TRUE;VLOOKUP(Odpovedi!AG:AG;Definice odpovedí!$AB$6:$AC$10;2;FALSE)))
```

22. Disponuje Vaše firma dostatečným technologickým vybavením pro implementaci konceptu Průmyslu 4.0? *

	Ano	Spíše ano	Nevím	Spíše ne	Ne
Senzory	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Počítače/Tablety	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Roboty/Kolaborativní roboty	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

70. Příklad typu otázky - mřížka výběru z možností

- Možnost výběru více odpovědí

```
=ArrayFormula(IF(row(Odpovedi!A:A)=1;"23";if(ISBLANK(Odpovedi!A:A));ifna(VLOOKUP(TRIM(SPLIT(Odpovedi!AR:AR;" "));Definice odpovedí!$AD$6:$AE$13;2;FALSE);0))))
```

23. Využívá Vaše firma v současné době některé z následujících systémů? *

ERP (Plánování podnikových zdrojů)

MES (Výrobní informační systém)

PLM (řízení životního cyklu výrobku)

PDM (Řízení dat o produktu)

PPS (Systém na plánování výroby)

71. Příklad typu otázky – výběr více odpovědí

Následně byl na novém listu bodování (nazvaném zkráceně Bod) vytvořen výpočet celkových bodů za jednotlivé dotazy, viz obrázek.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Respondent/otázka	9	10	11	12	13	14	15
2	1	6	1	0,5	0,5	0	0,5	1
3	2	2,5	1,5	0,5	1,5	1	-0,5	-0,5

72. Ukázka tabulky bodování otázek

Znovu pro jednotlivé typy otázek musel být vytvořen specifický vzorec výpočtu:

- Možnost výběru pouze jedné odpovědi

=ArrayFormula(IFS(ROW(Pom!\$A:\$A)=1;"20";ISBLANK(Pom!\$A:\$A));TRUE;Pom!V:V))

- Mřížka výběru z možností

=ArrayFormula(IFS(ROW(Pom!A:A)=1;"22";ISBLANK(Pom!A:A));TRUE;SUMIF(IF(COLUMN(Pom!AE1:AO1000);ROW(Pom!AE1:AE1000));ROW(Pom!AE1:AE1000);Pom!AE1:AO1000)))

- Možnost výběru více odpovědí

=ArrayFormula(IFS(ROW(Pom!A:A)=1;"23";ISBLANK(Pom!A:A));TRUE;SUMIF(IF(COLUMN(Pom!AP1:AW1000);ROW(Pom!AP1:AP1000));ROW(Pom!AP1:AP1000);Pom!AP1:AW1000)))

Poté byl v Tabulce Google ještě vytvořen další list, který slouží pro výpočet celkového vyhodnocení připravenosti podniků, viz následující obrázek.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Respondent/otázka	9	10	11	12	13	14
2	1	0,03	0,02666666667	0,006666666667	0,01333333333	0	0,015
3	2	0,0125	0,04	0,006666666667	0,04	0,02	-0,015

73. Výpočet celkového vyhodnocení

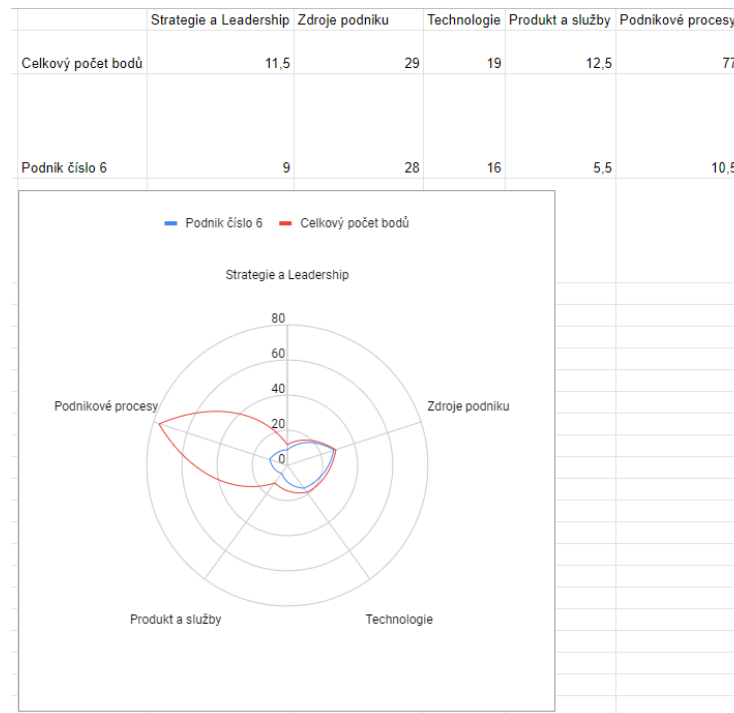
- Pro výpočet u otázek byl využit vzorec:

=ArrayFormula(IFS(ROW(Pom!A:A)=1;"9";ISBLANK(Pom!A:A));TRUE;(Bod!B:B/'Definice odpovědí'!B\$4)*'Definice odpovědí'!B\$3))

- Pro výpočet celkového výsledku byl využit vzorec:

=ArrayFormula(IFS(ROW(Pom!A:A)=1;"Celkový výsledek";ISBLANK(Pom!A:A));TRUE;B1:B+C1:C+D1:D+E1:E+F1:F+G1:G+H1:H+I1:I+J1:J+K1:K+L1:L+M1:M+N1:N+O1:O+P1:P+Q1:Q+R1:R+S1:S+T1:T+U1:U+V1:V+W1:W+X1:X+Y1:Y+Z1:Z+AA1:AA+AB1:AB+AC1:AC+AD1:AD))

Následně byl vytvořen ještě poslední list pojmenovaný Tab., který slouží pro vygenerování grafu a porovnání získaných bodů z celkového množství.



74. Porovnání získaných bodů a vygenerovaný graf

5.3.2 Obsah a struktura webových stránek

Webová stránka by mohla být vytvořena například pomocí aplikace Google weby. Důvodem preference aplikace Google weby je, že by byla zajištěna kompatibilita s vytvořeným hodnotícím modelem pomocí aplikace GoogleForms. Navíc tato aplikace umožňuje zobrazení webové stránky, jak pomocí počítače, tak i mobilního telefonu a tabletu. Navržená webová stránka by měla obsahovat výsledky zjištěné v rámci disertační práce. V horní liště webové stránky by mělo být umístěno navigační menu, které by sloužilo uživateli pro lepší orientaci na stránce. Navigační menu by se mohlo skládat z hlavního menu rozděleného na šest sekcí – domovská stránka, koncept Průmyslu 4.0, metodika pro implementaci konceptu Průmyslu 4.0, GAP analýza – zhodnocení připravenosti podniku, posouzení procesní mapy, posouzení organizační struktury a řízení rizik. Dále by měl mít uživatel k dispozici ikonu lupy, která by sloužila k rychlejšímu vyhledávání na stránce. Na obr. je zobrazen částečný náhled na hlavní stránku a navigační menu navrhované webové stránky.



75. Náhled na možnou webovou stránku

Ve druhé sekci nazvané koncept Průmyslu 4.0 by měly být k dispozici základní informace o předchozích průmyslových revolucích, základní informace o daném konceptu, jaké jsou jeho cíle, vize a charakteristické znaky. Dále by zde měl být uveden popis, co znamená chytrá továrna a jaké jsou její hlavní pilíře (používané technologie). Uvedenou sekci by mohli využívat všichni uživatelé a sloužila by pouze pro získání základních informací a ucelení si představy o daném konceptu. Další sekce by byla zaměřena navrženou metodikou pro implementaci konceptu Průmyslu 4.0. Tato sekce by obsahovala základní popis navržené metodiky a způsobu, jakým s navrženou metodikou pracovat. Následně by měl uživatel možnost se proklikem dostat na jednotlivé dílčí kroky metodiky, které zároveň představují další jednotlivé sekce. Nejprve by se uživatel měl prokliknout na sekci týkající se GAP analýzy, kde by měl možnost pomocí automatického vyhodnocení prostřednictvím navrženého hodnotícího modelu zjistit připravenost daného podniku. Poté by měl uživatel pokračovat dle jednotlivých kroků navržené metodiky, tedy do sekce posouzení podnikových procesů, která by obsahovala obecnou teorii k procesům a jejich modelování, navržené procesní mapy a následně popis, jakým způsobem provést posouzení současného stavu procesů. Další sekci by mělo být posouzení organizační struktury, které by obsahovalo základní teorii týkající se potřebných pracovních rolí pro koncept Průmyslu 4.0 a dále popis, jak postupovat při hodnocení. Poslední sekci by mělo být řízení rizik, které by obsahovalo obecnou teorii k řízení rizik a následně popis semikvantitativní metody a způsobu, jakým provést vyhodnocení rizik. Na následujícím obrázku je vytvoř náhled, jak by mohla vypadat sekce GAP analýza – zhodnocení připravenosti podniku.



Co je hodnotící formulář a k čemu slouží?

Připravenost podniků na koncept Průmyslu 4.0

Tento hodnotící formulář je anonymní a slouží pouze pro účely vědeckého výzkumu, nikoliv komerčním. Hlavním cílem hodnotícího formuláře je získat informace, díky nimž bude možné specifikovat současný stav připravenosti Vašeho podniku na koncept Průmyslu 4.0.

Hodnotící formulář je rozdělen do sedmi základních sekcí.

- I. Informace o podniku
- II. Obecné otázky
- III. Strategie a Leadership
- IV. Zdroje podniku
- V. Technologie
- VI. Produkt a služby
- VII. Podnikové procesy

Vyplnění hodnotícího formuláře Vám zabere zhruba 20-30 minut.

Odpovědná osoba - Ing. Andrea Benešová
Fakulta elektrotechnická,
Západočeská univerzita v Plzni
e-mail: benesov2@rek.zcu.cz

Hodnotící formulář připravenosti podniků byl vytvořen v rámci disertační práce a jedná se o pomocný nástroj **určený pouze pro firmy**, které by rády zjistily svoji současnou připravenost na koncept Průmyslu 4.0 s ohledem na požadavky Zelené dohody EU.

Výsledky z hodnotícího formuláře slouží pouze **pro účely vědeckého výzkumu, nikoliv komerčním**. Z tohoto důvodu je vyplnění hodnotícího formuláře a získání výsledků **bezplatné**.

Vyplnění hodnotícího formuláře trvá zhruba 20-30 minut, následně prosím stiskněte tlačítko odeslat a poté klikněte na ikonku výsledek.

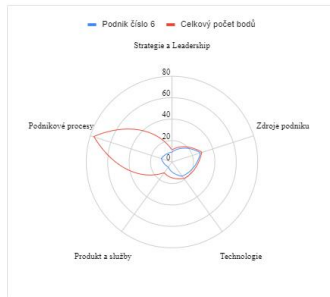
[Výsledek](#)

76. Náhled na sekci GAP analýza – zhodnocení připravenosti podniku

V rámci sekce GAP analýza – Zhodnocení připravenosti podniku by se uživatel po měl následně prokliknout přes tlačítko výsledek, které by ho přeměrovalo na stránku, kde se by byly zobrazeny následující údaje:

- celkový dosažený výsledek,
- zařazení do jedné z úrovní,
- popis dané úrovně
- grafické zobrazení formou paprskového grafu.

Na následujícím obrázku je zobrazen vytvořený náhled webové aplikace a jak by mohlo vypadat zobrazení celkového automatické vyhodnocení výsledku po odeslání hodnotícího formuláře.



Výsledky

Dosažená úroveň

52,35% Středně pokročilý

Integrovaná automatizace, vytvořen digitální obraz procesu na základě sběru dat, data logicky propojena a integrují spolu se systémy řízení. Jednotlivé činnosti jsou kontrolovány a řízeny na základě datových výstupů z předěšých operací. Provádí se projekty spojené se stanovenou strategií - cílem je horizontální integrace veškerých procesů ve firmě, od příjmu materiálu až po expedici hotového výrobku. Prohláší nábor nových zaměstnanců/případně proškolení současných zaměstnanců, pokračování v implementování projektů pro snížení emisí na úroveň 30%

77. Ukázka grafického zobrazení vyhodnocení dotazníku

6 Závěr

V předložené disertační práci je na základě poznání a analýzy současného stavu literatury týkající se problematiky digitální transformace a konceptu Průmyslu 4.0 navržena ucelená metodika pro posouzení připravenosti podniku na dané koncepty s ohledem na požadavky Zelené dohody EU. Uvedená metodika vychází z procesního řízení a v praxi by měla přispět v oblasti manažerského plánování a rozhodování. Z tohoto důvodu je navržená metodika určena jako pomocný nástroj pro podniky a především manažery, kteří budou mít na starosti digitální transformaci podniku nebo implementaci konceptu Průmyslu 4.0. Navržená metodika by navíc měla být aplikovatelná na malé, střední i velké podniky, jelikož v současné době, jsou především malé a střední podniky ekonomicky ohroženi v důsledku pandemie Covid-19, proto v některých případech nemusí mít dostatečné lidské a finanční kapacity na provedení komplexních analýz a vytvoření sofistikovaného řešení digitalizace nebo konceptu Průmyslu 4.0 od specialistů.

Ucelená metodika vychází z kombinace tradičních a inovativních přístupů a metodik, které byly navrženy v rámci výzkumů. Navržená metodika obsahuje celkem pět dílčích kroků – provedení GAP analýzy s cílem zhodnocení současného stavu připravenosti podniku na digitální transformaci a koncept Průmyslu 4.0 dle navrženého vlastního hodnotící modelu, dále posouzení procesů na základě navržených procesních map, posouzení pracovních rolí dle navrženého přehledu, identifikaci a řízení rizik a zhodnocení současného stavu používaných standardů a norem v rámci daného podniku. Aplikovatelnost, funkčnost a srozumitelnost navržené metodika byla ověřena ve spolupráci s podniky, které poskytující výrobní služby v oblasti elektrotechniky a dále na základě provedeného interview s vybranými odpovědnými osobami, které mají dlouholeté zkušenosti právě z oblasti manažerského plánování a rozhodování. Protože metodika byla navržena tak, aby ji bylo možné aplikovat i na jiná odvětví, tak i ověření metodiky pomocí interview bylo provedeno s odpovědnými osobami z různých oblastí, a to za oblast automotive, logistiky a IT. Vzhledem k tomu, že by navržená metodika měla sloužit jako pomocný nástroj manažerům a firmám, tak z tohoto důvodu byl v rámci disertační práce ještě vytvořen automatický výpočet pro navržený hodnotící model a dále byl zpracován návrh webových stránek, které by umožnily interaktivní formou rozšířit informace mezi cílové uživatele.

V rámci disertační práce byly dále stanoveny čtyři hypotézy, jejichž platnost byla určena na základě zjištěných výsledků z provedeného výzkumu.

H1) Vzhledem k současné situaci ovlivněné i pandemií Covid-19 se bude úroveň připravenosti elektrotechnických podniků nacházet mezi mírně a středně pokročilou.

Uvedená hypotéza byla na základě zjištěných výsledků **částečně potvrzena**.

H2) Elektrotechnické podniky, které se již zabývají implementací konceptu Průmyslu 4.0, tak budou mít stanovenou i strategii týkající se Zelené dohody EU, a to protože jsou na elektrotechnické podniky kladeny vysoké nároky ohledně kvality, spolehlivosti a bezpečnosti produktů.

Platnost hypotézy byla na základě zjištěných výsledků **vyvrácena**.

H3) Elektrotechnické podniky, které se již zabývají implementací konceptu Průmyslu 4.0, budou mít již zavedenou pozici manažera digitalizace nebo oddělení na koncept Průmyslu 4.0.

Uvedená hypotéza byla na základě zjištěných výsledků **vyvrácena**.

H4) Implementací konceptu Průmyslu 4.0 a digitální transformací vzniknou nové nezbytné procesy, které ovlivní současnou hierarchizaci procesů.

Platnost hypotézy byla na základě zjištěných výsledků **potvrzena**.

Co se týká zhodnocení přínosů disertační práce, tak ty lze rozdělit na dvě skupiny, a to teoretické a praktické. Teoretické přínosy vychází nejen z důkladné analýzy a zhodnocení současných literárních zdrojů, ale především ze získaných a vyhodnocených informací od oslovených respondentů za jednotlivé podniky, které tak tvoří aktualizovaná data o daném sektoru. Pro zpracování analýzy současných literárních zdrojů bylo převážně využíváno zahraničních zdrojů, které byly doplněny také o tuzemské zdroje. Protože navrhovaná metodika zasahuje do různých oblastí, tak i z tohoto důvodu byla zpracována obsáhlá rešerše, která tak tvoří ucelený a rozsáhlý přehled o dané problematice. Tato problematika se týká nejen základních informací o konceptu Průmyslu 4.0 a modelech připravenosti na daný koncept, ale i dopadů na další oblasti jako je řízení lidských zdrojů, rizik, procesů a v neposlední řadě i udržitelné výroby spojené s požadavky Zelené dohody EU.

Hlavním praktickým přínosem disertační práce je vytvoření komplexní a ucelené metodiky, která by měla podnikům sloužit jako pomocný nástroj nejen pro posouzení současného stavu připravenosti, ale i při implementaci jednotlivých procesů souvisejících s digitální transformací a konceptem Průmyslu 4.0. Navíc by navržená metodika měla být aplikovatelná na malé, střední i velké podniky. Dále byl vytvořen i automatický výpočet pro navržený hodnotící model a byl zpracován návrh webových stránek, které by měly podnikům poskytnout nejen základní přehled důležitých informací, ale zároveň i umožnit automatické

a bezplatné vyhodnocení. Teoretické a praktické přínosy disertační práce lze shrnout následovně:

Teoretické přínosy výsledků disertační práce:

- Vytvoření uceleného přehledu současného stavu literatury, který se týká konceptu Průmyslu 4.0
- Definování a charakteristika konceptů Průmyslu 4.0 a Zelené dohody EU a jejich vliv na elektrotechnické podniky
- Přehled dopadů a vlivů konceptu Průmyslu 4.0 na udržitelnou výrobu, procesní řízení, řízení lidských zdrojů a řízení rizik
- Zpracování přehledu současných nejčastěji používaných zralostních modelů používaných pro zhodnocení připravenosti Průmyslu 4.0 a jejich posouzení z hlediska zahrnutí požadavků Zelené dohody EU.
- Získané a vyhodnocené výsledky z ověření metodiky v praxi

Praktické přínosy výsledků disertační práce:

- Vytvoření zcela nové komplexní a ucelené metodiky pro posouzení digitální transformace a konceptu Průmyslu 4.0
- Možnost použití metodiky v rámci implementace procesů digitální transformace a konceptu Průmyslu 4.0
- Možnost zpětného použití a ověření dosažené vize
- Návrh vlastního hodnotícího modelu, systému bodování a jeho výpočtu
- Návrh procesních map „současného podniku“ a „chytré továrny“
- Detailní popis návrhu pro automatické vyhodnocení současného stavu připravenosti podniků
- Návrh webové stránky obsahující i automatického a bezplatné vyhodnocení současného stavu připravenosti pro podniky

Protože koncept Průmyslu 4.0 je velice obsáhlé téma, které se neustále vyvíjí, tak z tohoto důvodu je doporučení dalšího výzkumu zaměřit se na aktuální vývoj a nové trendy, které souvisejí i s požadavky Zelené dohody EU. Tedy zpracování detailní rešerše týkající se oblasti udržitelné výroby a Zelené dohody EU a jejich dopadů na koncept Průmyslu 4.0 a detailnější zpracování těchto požadavků do hodnotícího modelu. Dalším doporučením je

možnost podrobnějšího rozpracování některých částí disertační práce jako například zpracování podrobnější rešerše týkající se technologií a řízení procesů v rámci chytré továrny a na základě těchto dat navrhnout další úroveň procesní mapy chytré továrny, jelikož zpracovanou úroveň v rámci disertační práce lze označit za úroveň L0, tedy nejvyšší, kterou lze dále rozpadnout na nižší, na kterých by byly patrnější změny v rámci hierarchizace procesů. Co se týká pracovních rolí, tak v této oblasti lze provést další rešerši zaměřenou na takzvané „green job“, tedy pracovní role, které vychází z udržitelné výroby a požadavků Zelené dohody a zapracovat identifikované pracovní role do navrženého přehledu.

Z hlediska navržené metodiky, tak lze na celý tento výzkum dále navázat, a to vytvořením uceleného softwarového prostředí, které by bylo vytvořeno na základě navržené metodiky a zároveň by ještě obsahovalo sofistikovaný systém pro výpočet rizik v rámci, kterého by si mohl uživatel zvolit a provést vyhodnocení dle různých metod používaných pro výpočet rizik a dále systém pro kalkulaci jednotlivých nákladů spojených s vybraným proces, který by měl být implementován. Takový softwarový nástroj by měl velké uplatnění v oblasti projektového řízení pro projektové manažery nebo manažery digitalizace, kteří se zabývají implementací digitální transformace a konceptu Průmyslu 4.0.

Seznam použité literatury a informačních zdrojů

- [1] J. Qin, Y. Liu, and R. Grosvenor, “A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond,” *Procedia CIRP*, vol. 52, pp. 173–178, 2016, doi: 10.1016/j.procir.2016.08.005.
- [2] “Wikipedie,” *Průmysl 4.0*. [online], ©2021, [cit. 2020-09-07], dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Průmysl_4.0.
- [3] S. Wang, J. Wan, D. Zhang, D. Li, and C. Zhang, “Towards smart factory for industry 4 . 0 : a self-organized multi-agent system with big data base d fee dback and coordination,” vol. 101, pp. 158–168, 2016, doi: 10.1016/j.comnet.2015.12.017.
- [4] P. Leitão, N. Rodrigues, J. Barbosa, C. Turrin, and A. Pagani, “Control Engineering Practice Intelligent products : The grace experience,” vol. 42, pp. 95–105, 2015, doi: 10.1016/j.conengprac.2015.05.001.
- [5] G. Tomek and V. Vávrová, *Průmysl 4.0 aneb nikdo sám nevyhraje*, Professional publishing. 2017. ISBN: 978-80-906594-4-5
- [6] K. autorů (Českomoravská konfederace odborových Svazů), *Průmysl 4.0, Vzdělávání 4.0, Práce 4.0 a Společnost 4.0: učební text*. Praha: Sonda s.r.o., 2017.
- [7] D. R. Achat, “Nationale Roadmap Embedded Systems,” *ZVEI Zentralverband Elektrotechnik- und Elektron. e.V. Kompetenzzentrum Embed. Softw. Syst.*, p. 30, 2009.
- [8] M. Schamp, S. Hoedt, A. Claeys, E. H. Aghezaf, and J. Cottyn, “Impact of a virtual twin on commissioning time and quality.,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 51, no. 11, pp. 1047–1052, 2018, doi: 10.1016/j.ifacol.2018.08.469.
- [9] A. I. Perspective, M. Brettel, N. Friederichsen, M. Keller, and M. Rosenberg, “How Virtualization , Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape :,” vol. 8, no. 1, pp. 37–44, 2014.
- [10] A. Moktadir, S. M. Ali, S. Kusi-sarpong, and A. A. Shaikh, “Assessing challenges for implementing Industry 4.0: Implications for process safety and environmental protection,” *Process Saf. Environ. Prot.*, 2018, doi: 10.1016/j.psep.2018.04.020.
- [11] C. Gutsch, N. Furian, J. Suschnigg, D. Neubacher, and S. Voessner, “Log-based predictive maintenance discrete parts manufacturing,” *Procedia CIRP*, vol. 79, pp. 528–533, 2019, doi: 10.1016/j.procir.2019.02.098.
- [12] M. Hermann, T. Pentek, and B. Otto, “Design Principles for Industrie 4 . 0 Scenarios,” *2016 49th Hawaii Int. Conf. Syst. Sci.*, pp. 3928–3937, 2016, doi: 10.1109/HICSS.2016.488.
- [13] S. Vaidya, P. Ambad, and S. Bhosle, “Industry 4 . 0 – A Glimpse,” *Procedia Manuf.*, vol. 20, pp. 233–238, 2018, doi: 10.1016/j.promfg.2018.02.034.
- [14] V. MAŘÍK, *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*No Title. Praha: Management Press, 2016. ISBN: 978-80-7261-440-0
- [15] O. Iordache, *Implementing Polytope Projects for Smart Systems*. Springer, 2017. ISBN: 9783319525518
- [16] “SML SMART MANUFACTURING LEADERSHIP COALITION.” [online], ©2018, [cit. 2020-09-07], dostupné z: <https://www.smartmanufacturingcoalition.org/>
- [17] L. Li, “China’s manufacturing locus in 2025 : With a comparison of “ Made-in-China,” *Technol. Forecast. Soc. Chang.*, vol. 135, no. May 2017, pp. 66–74, 2018, doi: 10.1016/j.techfore.2017.05.028.
- [18] S. Park, “Development of Innovative Strategies for the Korean Manufacturing Industry by Use of the Connected Smart Factory (CSF),” *Procedia - Procedia Comput. Sci.*, vol. 91, no. Itqm, pp. 744–750, 2016, doi: 10.1016/j.procs.2016.07.067.
- [19] Ministerstvo Průmyslu a Obchodu, “Iniciativa Průmysl 4.0,” 2016.[online], [cit.

- 2020-12-01], dostupné z:
<https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/64358/658713/priloha001.pdf>.
- [20] S. r. o. Ernst & Young, “Průmysl 4.0 z pohledu české praxe,” 2016.[online], [cit. 2020-12-01], dostupné z:
[https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Prumysl_4.0_pruzkum/\\$FILE/EY%20pruzkum%202016_Prumysl%204.0%20z%20pohledu%20ceske%20praxe_final.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Prumysl_4.0_pruzkum/$FILE/EY%20pruzkum%202016_Prumysl%204.0%20z%20pohledu%20ceske%20praxe_final.pdf).
- [21] S. r. . Ernst & Young, “Průmysl 4.0 z pohledu české praxe,” 2017. [online], [cit. 2020-12-12], dostupné z:
[https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/2017_P40_brozura/\\$FILE/EY%20pruzkum_Prumysl%204_0%20z%20pohledu%20ceske%20praxe%202017_vysledky_druhy%20rocnik_2pager.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/2017_P40_brozura/$FILE/EY%20pruzkum_Prumysl%204_0%20z%20pohledu%20ceske%20praxe%202017_vysledky_druhy%20rocnik_2pager.pdf)
- [22] S. r. o. Ernst & Young, “Průmysl 4.0 výsledky průzkumu,” 2018. [online], [cit. 2020-12-12], dostupné z:
[:https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Pr%C5%AFmysl_4.0_2018/\\$FILE/pruzkum_Prumysl_4_0_HK_EY_2018.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Pr%C5%AFmysl_4.0_2018/$FILE/pruzkum_Prumysl_4_0_HK_EY_2018.pdf).
- [23] Svaz průmyslu a dopravy české Republiky, “České firmy a Průmysl 4.0,” 2019. [online], [cit. 2020-12-16], dostupné z: <https://www.spcr.cz/>
- [24] R. Y. Zhong, X. Xu, E. Klotz, and S. T. Newman, “Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review,” *Engineering*, vol. 3, no. 5, pp. 616–630, 2017, doi: 10.1016/J.ENG.2017.05.015.
- [25] S. Jeschke, C. Brecher, H. Song, and B. D. Rawat, *Industrial Internet of Things*. Springer, Cham, 2017. DOI: 10.1007/978-3-319-42559-7
- [26] A. Radziwon, A. Bilberg, M. Bogers, and E. S. Madsen, “The smart factory: Exploring adaptive and flexible manufacturing solutions,” *Procedia Eng.*, vol. 69, pp. 1184–1190, 2014, doi: 10.1016/j.proeng.2014.03.108.
- [27] M. Mladineo, I. Veza, N. Gjeldum, M. Crnjac, A. Aljinovic, and A. Basic, “Integration and testing of the RFID-enabled Smart Factory concept within the Learning Factory,” *Procedia Manuf.*, vol. 31, pp. 384–389, 2019, doi: 10.1016/j.promfg.2019.03.060.
- [28] M. Fernandes, A. Canito, V. Bolón-Canedo, L. Conceição, I. Praça, and G. Marreiros, “Data analysis and feature selection for predictive maintenance: A case-study in the metallurgic industry,” *Int. J. Inf. Manage.*, vol. 46, no. 431, pp. 252–262, 2019, doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2018.10.006.
- [29] B. Tjahjono, C. Esplugues, E. Ares, and G. Pelaez, “What does Industry 4.0 mean to Supply Chain?,” *Procedia Manuf.*, vol. 13, pp. 1175–1182, 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.09.191.
- [30] V. Alcácer and V. Cruz-Machado, “Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems,” *Eng. Sci. Technol. an Int. J.*, vol. 22, no. 3, pp. 899–919, 2019, doi: 10.1016/j.jestch.2019.01.006.
- [31] C. Vite and R. Morbiducci, “Optimizing the sustainable aspects of the design process through building information modeling,” *Sustain.*, vol. 13, no. 6, 2021, doi: 10.3390/su13063041.
- [32] P. Maroufkhani, K. C. Desouza, R. K. Perrons, and M. Iranmanesh, “Digital transformation in the resource and energy sectors: A systematic review,” *Resour. Policy*, vol. 76, no. March, p. 102622, 2022, doi: 10.1016/j.resourpol.2022.102622.
- [33] Y. Cai, B. Starly, P. Cohen, and Y. S. Lee, “Sensor Data and Information Fusion to Construct Digital-twins Virtual Machine Tools for Cyber-physical Manufacturing,” *Procedia Manuf.*, vol. 10, pp. 1031–1042, 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.07.094.
- [34] C. Scheifele, A. Verl, and O. Riedel, “Real-time co-simulation for the virtual

- commissioning of production systems,” *Procedia CIRP*, vol. 79, pp. 397–402, 2019, doi: 10.1016/j.procir.2019.02.104.
- [35] Ministerstvo průmyslu a Obchodu, “Národní iniciativa průmysl 4.0,” p. 233, 2016, [Online],[cit.2021-1-17],Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/64358/658713/priloha001.pdf>.
- [36] C. J. Bartodziej, *The concept Industry 4.0*. SpringerGabler, 2017. DOI: 10.1007/978-3-658-16502-4_3
- [37] B. Vaisi, “A review of optimization models and applications in robotic manufacturing systems: Industry 4.0 and beyond,” *Decis. Anal. J.*, vol. 2, no. October 2021, p. 100031, 2022, doi: 10.1016/j.dajour.2022.100031.
- [38] Z. Gao, T. Wanyama, I. Singh, A. Gadhri, and R. Schmidt, “From industry 4.0 to robotics 4.0 - A conceptual framework for collaborative and intelligent robotic systems,” *Procedia Manuf.*, vol. 46, no. 2019, pp. 591–599, 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.03.085.
- [39] “Epson Europe B.V, “Robotické ruce přináší inteligentní výrobu,” 2018.[online], [cit. 2021-2-5] <https://www.epson.cz/insights/article/roboticke-ruce-prinasi-inteligentni-vyrobu>.
- [40] Omron Electronics s.r.o., “Mobilní robot,” 2019.[online], [cit. 2021-2-28], dostupné z: <https://industrial.omron.cz/cs/products/mobile-robot>.
- [41] D. Böckin and A. M. Tillman, “Environmental assessment of additive manufacturing in the automotive industry,” *J. Clean. Prod.*, vol. 226, pp. 977–987, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.04.086.
- [42] U. M. Dilberoglu, B. Gharehpapagh, U. Yaman, and M. Dolen, “The Role of Additive Manufacturing in the Era of Industry 4.0,” *Procedia Manuf.*, vol. 11, no. June, pp. 545–554, 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.07.148.
- [43] M. Quandt, B. Knoke, C. Gorltdt, M. Freitag, and K. D. Thoben, “General Requirements for Industrial Augmented Reality Applications,” *Procedia CIRP*, vol. 72, pp. 1130–1135, 2018, doi: 10.1016/j.procir.2018.03.061.
- [44] V. Paelke, “Augmented Reality in the Smart Factory,” *2014 IEEE Int. Conf. Emerg. Technol. Fact. Autom.*, pp. 1–4, 2014. DOI: 10.1109/ETFA.2014.7005252
- [45] P. P. Ray, “A survey on Internet of Things architectures,” *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, vol. 30, no. 3, pp. 291–319, 2018, doi: 10.1016/j.jksuci.2016.10.003.
- [46] S. Zahoor and R. N. Mir, “Resource management in pervasive Internet of Things: A survey,” *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, 2018, doi: 10.1016/j.jksuci.2018.08.014.
- [47] A. Oussous, F. Z. Benjelloun, A. Ait Lahcen, and S. Belfkih, “Big Data technologies: A survey,” *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, vol. 30, no. 4, pp. 431–448, 2018, doi: 10.1016/j.jksuci.2017.06.001.
- [48] J. Wang, C. Xu, J. Zhang, and R. Zhong, “Big data analytics for intelligent manufacturing systems: A review,” *J. Manuf. Syst.*, vol. 62, no. June 2021, pp. 738–752, 2022, doi: 10.1016/j.jmsy.2021.03.005.
- [49] L. Thames and D. Schaefer, *Cybersecurity for Industry 4.0: Analysis for Design and Manufacturing*, First. Springer Publishing, Springer Series in Advanced Manufacturing, 2017.
- [50] “Národní centrum kybernetické bezpečnosti.” [online], ©2021, [cit. 2021-3-25], dostupné z: <https://www.govcert.cz/cs/vladni-cert/govcert-cz/>.
- [51] European Commission: Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European economic and social committee and the Committee of the regions - Zelená dohoda pro Evropu, Brussels, COM(2019)

- [online], [cit. 2021-04-07]. dostupné z: Zelená dohoda pro Evropu | Evropská komise (europa.eu)
- [52] European Commission: Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European economic and social committee and the Committee of the regions - “Nový akční plán pro oběhové hospodářství - Čistší a konkurenceschopnější Evropa,” pp. 1–21, 2020, [Online]. [cit. 2021-04-15]. dostupné z: <https://eurlex.europa.eu/legalcontent/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC008>.
- [53] European Commission: Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European economic and social committee and the Committee of the regions - “Moje agenda pro Evropu,” pp. 2019–2024, 2019.
- [54] European Commission, “Digital Economy and Society Index (DESI) 2020: Thematic chapters,” *Eur. Comm.*, pp. 1–177, 2020, [Online]. [cit. 2021-04-28]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi>.
- [55] European Commission, “Digital Economy and Society Index – DESI,” *Eur. Comm.*, 2021, [Online]. [cit. 2021-05-10] Dostupné z: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/digital-economy-and-society-index-desi-2021>.
- [56] K. Ejsmont, B. Gladysz, and A. Kluczek, “Impact of Industry 4.0 on Sustainability—Bibliometric Literature Review,” *Sustainability*, vol. 12, p. 29, 2020, doi: 10.3390/su12145650.
- [57] C. G. Machado, M. P. Winroth, and E. H. D. Ribeiro da Silva, “Sustainable manufacturing in Industry 4.0: an emerging research agenda,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 58, no. 5, pp. 1462–1484, 2020, doi: 10.1080/00207543.2019.1652777.
- [58] A. T. Tavares-Lehmann and C. Varum, “Industry 4.0 and sustainability: A bibliometric literature review,” *Sustain.*, vol. 13, no. 6, pp. 1–15, 2021, doi: 10.3390/su13063493.
- [59] I. Gunnarsdottir, B. Davidsdottir, E. Worrell, and S. Sigurgeirsdottir, “Sustainable energy development : History of the concept and emerging themes,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 141, no. August 2020, p. 110770, 2021, doi: 10.1016/j.rser.2021.110770.
- [60] A. Olubunmi, T. Omotayo, and N. Saka, “Review of the Use of Corporate Social Responsibility (CSR) Tools,” *Sustain. Prod. Consum.*, vol. 27, pp. 425–435, 2021, doi: 10.1016/j.spc.2020.11.012.
- [61] “Implementace Agendy 2030 pro udržitelný rozvoj (Cílů udržitelného rozvoje) v České republice.”
- [62] M. Schüz, “O dpovědnost podniku a etika v manažerském vzdělávání Didaktický a metodický úvod Základy pro zprostředkování odpovědnosti a etiky ve vzdělávání managementu Pracovní verze,” 2015.
- [63] T. Burandt, H. Auer, P. Crespo, P. Pisciella, and S. Zwickl-bernhard, “Energy transition scenarios : What policies , societal attitudes , and technology developments will realize the EU Green Deal ?,” vol. 239, 2022, doi: 10.1016/j.energy.2021.122067.
- [64] M. Geissdoerfer, P. Savaget, N. M. P. Bocken, and E. J. Hultink, “The Circular Economy – A new sustainability paradigm?,” *J. Clean. Prod.*, vol. 143, pp. 757–768, 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2016.12.048.
- [65] H. Gupta, A. Kumar, and P. Wasan, “Industry 4.0, cleaner production and circular economy: An integrative framework for evaluating ethical and sustainable business performance of manufacturing organizations,” *J. Clean. Prod.*, vol. 295, p. 126253, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.126253.
- [66] D. L. M. Nascimento *et al.*, “Exploring Industry 4 . 0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context : A business model proposal Journal of Manufacturing Technology Management Article information :,” *J. Manuf. Technol.*

- Manag.*, no. April, pp. 607–627, 2019.
- [67] A. B. Lopes de Sousa Jabbour, C. J. C. Jabbour, M. Godinho Filho, and D. Roubaud, “Industry 4.0 and the circular economy: a proposed research agenda and original roadmap for sustainable operations,” *Ann. Oper. Res.*, vol. 270, no. 1–2, pp. 273–286, 2018, doi: 10.1007/s10479-018-2772-8.
- [68] M. Ghobakhloo, “Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability,” *J. Clean. Prod.*, vol. 252, p. 119869, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119869.
- [69] M. Beltrami, G. Orzes, J. Sarkis, and M. Sartor, “Industry 4.0 and sustainability: Towards conceptualization and theory,” *J. Clean. Prod.*, vol. 312, p. 127733, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.127733.
- [70] W. D. Leong *et al.*, “Enhancing the adaptability: Lean and green strategy towards the Industry Revolution 4.0,” *J. Clean. Prod.*, vol. 273, p. 122870, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.122870.
- [71] R. Titmarsh, F. Assad, and R. Harrison, “Contributions of lean six sigma to sustainable manufacturing requirements: An industry 4.0 perspective,” *Procedia CIRP*, vol. 90, pp. 589–593, 2020, doi: 10.1016/j.procir.2020.02.044.
- [72] J. Vrchota, M. Pech, L. Rolínek, and J. Bednář, “Sustainability outcomes of green processes in relation to industry 4.0 in manufacturing: Systematic review,” *Sustain.*, vol. 12, no. 15, 2020, doi: 10.3390/su12155968.
- [73] M. Z. Hauschild, S. Kara, and I. Røpke, “Absolute sustainability: Challenges to life cycle engineering,” *CIRP Ann.*, vol. 69, no. 2, pp. 533–553, 2020, doi: 10.1016/j.cirp.2020.05.004.
- [74] J. Oláh, N. Aburumman, J. Popp, M. A. Khan, H. Haddad, and N. Kitukutha, “Impact of industry 4.0 on environmental sustainability,” *Sustain.*, vol. 12, no. 11, pp. 1–21, 2020, doi: 10.3390/su12114674.
- [75] “ABE.TEC,” Průběžná (on-line) kontrola procesu přetavení připravená pro IoT, 2019. [Online]. [cit. 2021-06-25] Dostupné z: <http://www.abetec.cz/pajeci-technika-0/prubezna-online-kontrola-procesu-pretaveni-pripravena-pro-iot/>.
- [76] “BD SENSORS,” DATAFLY UMOŽŇUJE VZDÁLENÝ MONITORING PROCESŮ. [Online]. [cit. 2021-07-15], Dostupné z: <http://www.bdsensors.cz/iot/datafly/>.
- [77] Omron, “Nové IoT senzory pro kontrolu procesů – E8FC (průtok) a E8PC (tlak),” 2018. [Online]. [cit. 2021-07-15], Dostupné z: <https://industrial.omron.cz/cs/news-events/news/e8fcflow-and-e8pc-pressure-sensors>.
- [78] S. Vladimír and K. Rais, *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích*, 4., aktual. Grada Publishing a.s., 2013.
- [79] A. P. Neghab, A. Siadat, R. Tavakkoli-Moghaddam, and F. Jolai, “An integrated approach for risk-assessment analysis in a manufacturing process using FMEA and des,” *2011 IEEE Int. Conf. Qual. Reliab. ICQR 2011*, no. September, pp. 366–370, 2011, doi: 10.1109/ICQR.2011.6031743.
- [80] R. Glass, A. Meissner, C. Gebauer, S. Stürmer, and J. Metternich, “Identifying the barriers to Industrie 4.0,” *Procedia CIRP*, vol. 72, pp. 985–988, 2018, doi: 10.1016/j.procir.2018.03.187.
- [81] J. Tupa, J. Simota, and F. Steiner, “Aspects of Risk Management Implementation for Industry 4.0,” *Procedia Manuf.*, vol. 11, no. June, pp. 1223–1230, 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.07.248.
- [82] T. Niesen, C. Houy, P. Fettke, and P. Loos, “Towards an integrative big data analysis framework for data-driven risk management in industry 4.0,” *Proc. Annu. Hawaii Int. Conf. Syst. Sci.*, vol. 2016-March, pp. 5065–5074, 2016, doi: 10.1109/HICSS.2016.627.

- [83] C. E. C. Reyes, R. Kiesel, and R. Schmitt, “First-class Risk Management from Second-Use Data Sources,” *2017 Ieee Int. Symp. Syst. Eng. (Isse 2017)*, pp. 171–177, 2017.
- [84] F. Hecklau, M. Galeitzke, S. Flachs, and H. Kohl, “Holistic Approach for Human Resource Management in Industry 4.0,” *Procedia CIRP*, vol. 54, pp. 1–6, 2016, doi: 10.1016/j.procir.2016.05.102.
- [85] W. Maisiri, H. Darwish, and L. Dyk, “AN INVESTIGATION OF INDUSTRY 4.0 SKILLS REQUIREMENTS,” *South African J. Ind. Eng.*, vol. 30, pp. 90–105, 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.7166ú30-3-2230>.
- [86] A. Grenčíková, M. Kordoš, and V. Berkovič, “The Impact of Industry 4.0 on Jobs Creation within the Small and Medium-Sized Enterprises and Family Businesses in Slovakia,” *Adm. Sci.*, vol. 10, no. 3, p. 71, 2020, doi: 10.3390/admsci10030071.
- [87] M. Pinzone, P. Fantini, S. Perini, S. Garavaglia, M. Taisch, and G. Miragliotta, “Jobs and skills in industry 4.0: An exploratory research,” *IFIP Adv. Inf. Commun. Technol.*, vol. 513, pp. 282–288, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-66923-6_33.
- [88] European Committee for Standardization (CEN), “User guide for the application of the European e-Competence Framework 3.0,” 2014, [Online]. [cit. 2021-08-12], Dostupné z: http://ecompetences.eu/wp-content/uploads/2014/02/User-guide-for-the-application-of-the-e-CF-3.0_CEN_CWA_16234-2_2014.pdf.
- [89] O. program Z. Evropská unie, Evropský sociální fond, “Systémy identifikace kompetencí v mezinárodním srovnání,” 2020. [Online]. [cit. 2021-08-15] Dostupné z: https://www.mpsv.cz/documents/20142/372813/Analýza+zahranických+studií_KO MPETENCE+4.0.pdf/d163120d-37b3-c5f1-809e-de56d31cc8d7.
- [90] W. W. E. Forum, *The Future of Jobs Report 2018*, vol. 31, no. 2. 2018.
- [91] World Economic Forum, “The Future of Jobs Report 2020 | World Economic Forum,” *Futur. Jobs Rep.*, no. October, p. 1163, 2020, [Online]. [cit. 2021-08-31] Dostupné z: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020/digest>.
- [92] WMF, “The 2019 World Manufacturing Forum: Skills for the future of manufacturing,” *World Manuf. Found.*, 2019.
- [93] “New jobs created by Industrial IoT.”
- [94] RMIT, “Future of work in the digital economy,” 2020. [Online]. [cit. 2021-09-14] Dostupné z: <https://www.technologydecisions.com.au/content/futureed/article/future-of-work-in-the-digital-economy-871471615>.
- [95] L. Sakurada, C. A. S. Galdes, F. P. Fernandes, J. Pontes, and P. Leitão, “Analysis of New Job Profiles for the Factory of the Future,” *Stud. Comput. Intell.*, vol. 952, pp. 262–273, 2021, doi: 10.1007/978-3-030-69373-2_18.
- [96] T. J. B. Blayone and R. Oostveen, “Prepared for work in Industry 4.0? Modelling the target activity system and five dimensions of worker readiness,” *Int. J. Comput. Integr. Manuf.*, vol. 34, no. 1, pp. 0–31, 2022.
- [97] J. Vrchota, M. Maříková, P. Rehoř, L. Rolínek, and R. Toušek, “Human resources readiness for industry 4.0,” *J. Open Innov. Technol. Mark. Complex.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–20, 2020, doi: 10.3390/joitmc6010003.
- [98] Festo, “Odborné vzdělávání a výukové systémy,” [online] ©2022.[cit. 2021-09-23], Dostupné z: <https://www.festo-didactic.com/cz-cs/>.
- [99] C. Prinz, F. Morlock, S. Freith, N. Kreggenfeld, D. Kreimeier, and B. Kuhlenkötter, “Learning Factory Modules for Smart Factories in Industrie 4.0,” *Procedia CIRP*, vol. 54, pp. 113–118, 2016, doi: 10.1016/j.procir.2016.05.105.
- [100] G. Lugaresi, N. Frigerio, and A. Matta, “A new learning factory experience exploiting LEGO for teaching manufacturing systems integration,” *Procedia Manuf.*, vol. 45,

- pp. 271–276, 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.04.106.
- [101] Software Engineering Institute, “CMMI for Development, Version 1.3,” *Softw. Eng. Process Manag. Progr.*, no. November, pp. 1–520, 2010.
- [102] A. T. Berztiss, “Capability maturity for software development,” *Handb. Softw. Eng. Knowl. Eng. Vol 3 Recent Adv.*, no. February, pp. 85–118, 2005, doi: 10.1142/9789812775245_0004.
- [103] L. S. Angreani, A. Vijaya, and H. Wicaksono, “Systematic literature review of industry 4.0 maturity model for manufacturing and logistics sectors,” *Procedia Manuf.*, vol. 52, no. 2019, pp. 337–343, 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.11.056.
- [104] J. Basl and P. Doucek, “A metamodel for evaluating enterprise readiness in the context of industry 4.0,” *Inf.*, vol. 10, no. 3, pp. 1–13, 2019, doi: 10.3390/info10030089.
- [105] K. Jung, B. Kulvatunyou, S. Choi, and M. P. Brundage, “An overview of a smart manufacturing system readiness assessment,” *IFIP Adv. Inf. Commun. Technol.*, vol. 488, pp. 705–712, 2016, doi: 10.1007/978-3-319-51133-7_83.
- [106] M. Hankel and B. R. Ag, “Digitising Manufacturing 2016 RAMI4 . 0 – Reference Architecture Model Industry 4 . 0,” 2016.
- [107] K. Lichtblau, V. Stich, and Bertenrath R. et al., “IMPULS -Industrie 4.0 Readiness,” pp. 1–78, 2015, [Online]. [cit. 2021-10-07], Dostupné z: http://industrie40.vdma.org/documents/4214230/5356229/Industrie_4.0_Readiness_Study_English.pdf/f6de92c1-74ed-4790-b6a4-74b30b1e83f0.
- [108] C. Leyh, T. Schäffer, K. Bley, and L. Bay, “The Application of the Maturity Model SIMMI 4 . 0 in Selected Enterprises Full Paper Chair of Information Systems Chair of Information Systems,” *Twenty-third Am. Conf. Inf. Syst.*, no. August, pp. 1–10, 2017, [Online]. [cit. 2021-10-18], Dostupné z: <https://pdfs.semanticscholar.org/ce1e/e1bf3faf17b67d3ff835bdd21d610c29fb58.pdf>.
- [109] R. Automation, “The Connected Enterprise Maturity Model,” *Ind. Conectada 4.0*, pp. 1–12, 2014, [Online]. [cit. 2021-10-18], Dostupné z: <http://www.rockwellautomation.com/rockwellautomation/innovation/connected-enterprise/maturity-model.page?>
- [110] L. Eger and D. Egerová, *Základy metodologie výzkumu*. Západočeská univerzita v Plzni, 2017. ISBN: 978-80-261-0735-4
- [111] H. Novotná, *Metody výzkumu ve společenských vědách*. Fakulta humanitních studií, 2020. ISBN: 978-80-7571-025-3
- [112] J. J. Randolph, “A guide to writing the dissertation literature review,” *Pract. Assessment, Res. Eval.*, vol. 14, no. 13, 2009.
- [113] D. E. Gray, *Doing Research in the Real World*, 2nd ed. SAGE Publications Ltd, 2009. ISBN: 9781446242353
- [114] D. Řehák, R. Dubec, and M. Grasseová, *Analýza podniku v rukou manažera*. Bizbooks, 2012. ISBN: 978-80-251-2621-9
- [115] P. Gavora, *Úvod do pedagogického výzkumu*. Brno: Paido. 2010. ISBN: 978-80-7315-185-0
- [116] J. Hendl, *Kvalitativní výzkum*, Druhé aktualizované vydání. Praha: Portál, 2005. ISBN: 80-7367-040-2. 303.022
- [117] F. Šmída, *Zavádění a rozvoj procesního řízení ve firmě*. Grada Publishing a.s., 2007. ISBN: 9788024716794
- [118] A. Svozilová, *Zlepšování podnikových procesů*. Grada Publishing a.s., 2011. ISBN: 978-80-247-3938-0
- [119] J. Střelec, “PDCA cyklus,” 2012. [online], [cit. 2021-10-19], dostupné z: <https://www.vlastnicesta.cz/metody/pdca-cyklus-1/>.

- [120] J. Volek, "Metody a nástroje zlepšování procesů." [online], [cit. 2021-10-19], dostupné z: <http://katedry.fmmi.vsb.cz/639/qmag/mj38-cz.htm>.
- [121] V. Řepa, *Podnikové procesy: procesní řízení a modelování*. Grada Publishing a.s., 2007. ISBN: 9788024712819
- [122] J. Fiala and J. Ministr, *Průvodce analýzou a modelováním procesů*. VŠB TUO, 2003.
- [123] J. Šimota, "Metodika pro modelování a řízení rizik v elektrotechnice," Faculty of Electrical Engineering, University of West Bohemia, Pilsen.
- [124] J. Váchal and M. Vochozka, *Podnikové řízení*. Grada Publishing a.s., 2013. ISBN: 9788024746425
- [125] K. Říhová, "Význam podnikové kultury při aplikaci Lean filosofie," Fakulta ekonomicko-správní, Univerzita Pardubice, 2016.
- [126] R. E. Mallory, *Lean System Management for Leaders*. Taylor & Francis Ltd, 2018. ISBN: 9781138481848
- [127] M. L. George, J. Maxey, D. Rowlands, and M. Price, *The Lean Six Sigma Pocket Toolbook: A Quick Reference Guide to 100 Tools for Improving Quality and Speed*, 1st Editio. McGraw-Hill Professional, 2004.
- [128] M. Vochozka, *Metody komplexního hodnocení podniku*. Grada Publishing a.s., 2020.
- [129] S. ŠIMONOVÁ, *Modelování procesů a dat pro zvyšování kvality*. Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní, 2009.
- [130] C. manžerských Systémů, "PDCA cyklus," 2022. [online], [cit. 2021-11-13], dostupné z: <https://www.cems-cz.com/blog/231-pdca-cyklus>.
- [131] B. L. VALOVIČOVÁ, *TVORBA HODNOTVORNÉHO ŘETĚZCE V PODNIKU*. 2017, pp. 1–46.
- [132] ASQ, "Process View of Work," [online] ©2022. [cit 2021-11-27], Dostupné z: <https://asq.org/quality-resources/process-view-of-work>.
- [133] R. S. Kaplan and D. P. Norton, *Balanced scorecard: strategický systém měření výkonnosti podniku.*, 5. vydání. Praha: Management Press, 207
- [134] L. Ciencialová, "ZÁKLADY MODELOVÁNÍ PROCESŮ POMOCÍ ARIS DESIGN PLATFORMY," pp. 22–40, [Online]. [cit.2021-12-02] Dostupné z: https://archiv.elearning.fpf.slu.cz/pluginfile.php/17646/mod_resource/content/0/Pre dnasky/ISII-3.pdf.
- [135] J. Basl and R. Blažiček, *Podnikové informační systémy*, 3., aktual. Grada Publishing, A.s., 2012 .ISBN: 9788024743073
- [136] K. Dušková, "Podnikatelské prostředí: Mikroprostředí," [online] ©2022. [cit 2021-12-6], Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/2733252/>.
- [137] "AIMTEC a.s.," Digital Factory. [online] ©2022. [cit 2021-12-17], Dostupné z: <https://www.aimtecglobal.com/digital-factory/>.
- [138] V. Cejthamr and J. Dědina, *Management a organizační chování*. Grada Publishing a.s., 2010. ISBN: 9788024713007
- [139] M. Malý and J. Dědina, *Moderní organizační architektura*. Alfa Publishing, 2005. ISBN: 9788086851112
- [140] L. Blažek, *Úvod do teorie řízení podniku*. Ekonomicko-správní fakulta, Masarykova univerzita, 1999.
- [141] Z. Šochová, *Agilní metody řízení projektů*. Computer Press, 2019. ISBN: 978-80-251-4194-6
- [142] I. A. L. E. Universit, A. I. Cuza, D. I. N. Ia, and T. Lvi, "Qualitative, semi-quantitative and, quantitative methods for risk assessment: Case of the financial audit," *Analele Științifice ale Univ. »Alexandru Ioan Cuza« din Iași. Științe Econ.*, vol. 56, no. 1, pp. 643–657, 2009.
- [143] Z. Jusoh, "Determination of Hazard in Captive Hotel Laundry Using Semi

- Quantitative Risk Assessment Matrix,” *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 222, pp. 915–922, 2016.
- [144] J. a kolektiv Veber, *Řízení jakosti a ochrana spotřebitele, 2.*, aktual. Grada Publishing, a.s., 2011. ISBN: 9788024701943
- [145] R. Anderl and J. Fleischer, “Guideline Industrie 4.0,” *VDMA Verlag*, p. 32, 2015, [Online]. [cit 2022-1-9], Dostupné z: industrie40.vdma.org.
- [146] M. Hoffmeister, “Industrie 4.0: The Industrie 4.0 Component,” vol. 1.0, no. April, p. 2, 2015, [Online]. [cit 2022-1-9], Dostupné z: <http://www.zvei.org/Downloads/Automation/ZVEI-Industrie-40-Component-English.pdf>.
- [147] Z. et al. Havelka, “Průmysl 4.0 - Evaluační formulář pro hodnocení digitální zralosti firmy,” 2015. [online], [cit. 2022-01-16], Dostupné z: <http://firma4.cz/hodnoceni-digitalni-zralosti-firmy/>.
- [148] R. et. al. (PwC) Geissbauer, “Industry 4.0: Building the digital enterprise,” 2016. [Online]. [cit.2022-01-16], Dostupné z: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>.
- [149] A. Schumacher, S. Erol, and W. Sihm, “A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises,” *Procedia CIRP*, vol. 52, no. February 2020, pp. 161–166, 2016, doi: 10.1016/j.procir.2016.07.040.
- [150] J. Ganzarain and N. Errasti, “Three stage maturity model in SME’s towards industry 4.0,” *J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 9, no. 5, pp. 1119–1128, 2016, doi: 10.3926/jiem.2073.
- [151] J. Qin, Y. Liu, and R. Grosvenor, “A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and beyond,” *Procedia CIRP*, vol. 52, pp. 173–178, 2016, doi: 10.1016/j.procir.2016.08.005.
- [152] E. Bogner, T. Voelklein, O. Schroedel, and J. Franke, “Study Based Analysis on the Current Digitalization Degree in the Manufacturing Industry in Germany,” *Procedia CIRP*, vol. 57, no. June 2017, pp. 14–19, 2016, doi: 10.1016/j.procir.2016.11.004.
- [153] E. Gökalp, U. Şener, and P. E. Eren, “Development of an assessment model for industry 4.0: Industry 4.0-MM,” *Commun. Comput. Inf. Sci.*, vol. 770, no. September, pp. 128–142, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-67383-7_10.
- [154] C. Weber, J. Königsberger, L. Kassner, and B. Mitschang, “M2DDM - A Maturity Model for Data-Driven Manufacturing,” *Procedia CIRP*, vol. 63, pp. 173–178, 2017, doi: 10.1016/j.procir.2017.03.309.
- [155] A. De Carolis, M. Macchi, E. Negri, and S. Terzi, “A maturity model for assessing the digital readiness of manufacturing companies,” *IFIP Adv. Inf. Commun. Technol.*, vol. 513, no. August 2020, pp. 13–20, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-66923-6_2.
- [156] J. Lee, S. Jun, T. W. Chang, and J. Park, “A smartness assessment framework for smart factories using analytic network process,” *Sustain.*, vol. 9, no. 5, 2017, doi: 10.3390/su9050794.
- [157] G. G. Schuh *et al.*, “Industrie 4.0 Maturity Index. Managing the Digital Transformation of Companies,” *Acatech Study*, p. 64, 2020, [Online]. Available: www.acatech.de/publikationen.
- [158] K. Y. Akdil, A. Ustundag, and E. Cevikcan, *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation*. Springer International Publishing, 2018.
- [159] S. L., A. F., B. A., S.-P. L., and B. C, *Towards a framework for assessing the maturity of manufacturing companies in Industry 4.0 adoption*. 2018.
- [160] A. Schumacher, T. Nemeth, and W. Sihm, “Roadmapping towards industrial digitalization based on an Industry 4.0 maturity model for manufacturing enterprises,” *Procedia CIRP*, vol. 79, no. March, pp. 409–414, 2019, doi:

- 10.1016/j.procir.2019.02.110.
- [161] M. Colli, O. Madsen, U. Berger, C. Møller, B. V. Wæhrens, and M. Bockholt, “Contextualizing the outcome of a maturity assessment for Industry 4.0,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 51, no. 11, pp. 1347–1352, 2018, doi: 10.1016/j.ifacol.2018.08.343.
- [162] L. Stefan, W. Thom, L. Dominik, K. Dieter, and K. Bernd, “Concept for an evolutionary maturity based Industrie 4.0 migration model,” *Procedia CIRP*, vol. 72, pp. 404–409, 2018, doi: 10.1016/j.procir.2018.03.155.
- [163] K. Werner-Lewandowska and M. Kosacka-Olejnik, “Logistics 4.0 maturity in service industry: Empirical research results,” *Procedia Manuf.*, vol. 38, no. January 2019, pp. 1058–1065, 2019, doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.192.
- [164] A. P. T. Pacchini, W. C. Lucato, F. Facchini, and G. Mummolo, “The degree of readiness for the implementation of Industry 4.0,” *Comput. Ind.*, vol. 113, p. 103125, 2019, doi: 10.1016/j.compind.2019.103125.
- [165] A. Corallo, M. Lazoi, and M. Lezzi, “Cybersecurity in the context of industry 4.0: A structured classification of critical assets and business impacts,” *Comput. Ind.*, pp. 1–15, 2020, doi: 10.1016/j.compind.2019.103165.
- [166] T.-C. Lin, K. J. Wang, and L. M. Sheng, “To assess smart manufacturing readiness by maturity model: a case study on Taiwan enterprises,” *Int. J. Comput. Integr. Manuf.*, vol. 33, no. 1, pp. 102–115, 2020, doi: <https://doi.org/10.1080/0951192X.2019.1699255>.

Seznam publikací a výstupů studenta vztahujících se k disertační práci

- [A1] BENEŠOVÁ, A. Vliv Průmyslu 4.0 na pracovní pozice a kvalifikační požadavky zaměstnanců. In *Elektrotechnika a informatika 2017*. Elektrotechnika, elektronika, elektroenergetika. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2017. s. 3-6. ISBN: 978-80-261-0712-5
- [A2] BENEŠOVÁ, A., TUPA, J. Requirements for education and qualification of people in Industry 4.0. In *Procedia Manufacturing*. Amsterdam: Elsevier, 2017. s. 2195-2202. ISSN: 2351-9789
- [A3] BENEŠOVÁ, A., HIRMAN, M., STEINER, F., TUPA, J. Analysis of education requirements for electronics manufacturing within concept Industry 4.0. In *2018 41st International Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE 2018) : /proceedings/*. Piscataway: IEEE, 2018. s. 1-5. ISBN: 978-1-5386-5731-7 , ISSN: 2161-2528
- [A4] BENEŠOVÁ, A., HIRMAN, M., STEINER, F., TUPA, J. Requirements for education 4.0 and study programs within industry 4.0. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. Pilsen: IEOM Society International, 2019. s. 1678-1686. ISBN: 978-1-5323-5949-1 , ISSN: 2169-8767
- [A5] HIRMAN, M., BENEŠOVÁ, A., STEINER, F., TUPA, J.. Project management during the industry 4.0 implementation with risk factor analysis. In *Procedia Manufacturing*. Amsterdam: Elsevier, 2019. s. 1181-1188. ISSN: 2351-9789
- [A6] BENEŠOVÁ, A., HIRMAN, M., STEINER, F., TUPA, J.. Determination of changes in process management within industry. In *Procedia Manufacturing*. Amsterdam: Elsevier, 2019. s. 1691-1696. ISSN: 2351-9789
- [A7] BASL, J., BENEŠOVÁ, A.. Green industry 4.0 - analysis of green aspects penetration in business readiness models for industry 4.0. In *Proceedings of the 28th Interdisciplinary Information Management Talks: Digitalized Economy, Society and Information Management, IDIMT*. Linz: Trauner Verlag Universität, 2020. s. 125-132. ISBN: 978-3-99062-958-1
- [A8] MENDOZA-DEL VILLAR, L., OLIVA-LOPEZ, E., LUIS-PINEDA, O., BENEŠOVÁ, A., TUPA, J., GARZA-REYES, J.. Fostering economic growth, social inclusion & sustainability in Industry 4.0: a systemic approach. In *Procedia Manufacturing*. Amsterdam: Elsevier, 2020. s. 1755-1762. ISSN: 2351-9789
- [A9] HIRMAN, M., BENEŠOVÁ, A., ŠÍMA, K., STEINER, F., TUPA, J.. Design, fabrication and risk assessment of IoT unit for products manufactured in industry 4.0 factory. In *Procedia Manufacturing*. Amsterdam: Elsevier, 2020. s. 1178-1183. ISSN: 2351-9789
- [A10] BENEŠOVÁ, A., BASL J., STEINER, F., TUPA, J. Design of a BusinessReadiness Model to Realise a Green Industry 4.0 Company, In *International Journal of Compute Integrated Manufacturing*, 2020

Ostatní publikace a výstupy studenta

- [B1] BENEŠOVÁ, A. Metodika pro hodnocení ergonomických rizik pracoviště. In Elektrotechnika a informatika 2015. Elektrotechnika, elektronika, elektroenergetika. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2015. s. 7-10. ISBN: 978-80-261-0514-5
- [B2] BENEŠOVÁ, A., TUPA, J. Optimization of the non-series production processes by implementation methodology rule. In Conference proceedings : 8th International Scientific Conference Management of Technology Step to Sustainable Production (MOTSP 2016). Zagreb: Croatian Association for PLM, 2016. s. 1-7. ISBN: neuvedeno , ISSN: 1849-7586
- [B3] BENEŠOVÁ, A. Optimalizační a statistické metodiky jako nástroje pro zlepšení experimentálních procesů. In Elektrotechnika a informatika 2016. Elektrotechnika, elektronika, elektroenergetika. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2016. s. 7-10. ISBN: 978-80-261-0516-9
- [B4] BENEŠOVÁ, A., HIRMAN, M., NAVRÁTIL, J., ŠIMOTA, J., TUPA, J., STEINER, F. Methodologies to improve experimental research processes in soldering technology. Periodica Polytechnica Electrical Engineering and Computer Science, 2016, roč. 60, č. 4, s. 237-244. ISSN: 2064-526
- [B5] BENEŠOVÁ, A., ŠIMOTA, J., HIRMAN, M., NAVRÁTIL, J., TUPA, J., STEINER, F. Connection technologies quality improving. In Proceedings of the International Spring Seminar of Electronics Technology (ISSE 2016). Piscataway: IEEE, 2016. s. 342-347. ISBN: 978-1-5090-1389-0
- [B6] BENEŠOVÁ, A., HIRMAN, J., TUPA, J., STEINER, F. Current trends in the management of diagnostic processes in testing laboratories. In Proceedings of the 2018 International Conference on Diagnostics in Electrical Engineering (Diagnostics) : CDEE 2018, 166-169
- [B7] BENEŠOVÁ, A., HIRMAN, M., HLÍNA, J., TUPA, J., STEINER, F., ŘEBOUN, J.. Optimization of contacting technological process on printed conductive pattern for wearable electronics. In Proceedings of the International Spring Seminar on Electronics Technology, ISSE 2020. Piscataway: IEEE, 2020. s. 1-6. ISBN: 978-1-72816-773-2

Seznam příloh

Příloha A Přehled současných literárních zdrojů

Příloha B Přehled modelů připravenosti a zralosti pro zhodnocení připravenosti podniků na digitální transformaci a koncept Průmyslu 4.0

Příloha C Průvodní dopis

Příloha D Otázky z dotazníku se stanovenými váhami jednotlivých dimenzí a otázek

Příloha E Charakteristika zúčastněných podniků

Příloha F Tabulky s výpočtem připravenosti podniků

Příloha G Procesní mapa „běžného současného podniku“

Příloha H Procesní mapa „chytré továrny“

Příloha A – Přehled současných literárních zdrojů (vlastní zpracování)

Název oblasti výzkumu	Klíčová slova	Počet publikací Scopus	Počet publikací Web of Science
Aditivní technologie	Industry 4.0; additive technology	576	444
Agilní řízení	Industry 4.0; Agile	384	248
Cloud computing	Industry 4.0; Cloud computing	932	616
Digitalizace	Industry 4.0; digitization	747	446
Digitální dvojče	Industry 4.0; digital twin	1 045	642
Dodavatelský řetězec	Industry 4.0; Supply Chain	1 413	1 286
Chytrá továrna	Smart factory	3 888	2 400
Implementační plán Průmyslu 4.0 do podniku	Industry 4.0; Implementation plan	147	340
Informační systémy	Industry 4.0; information systems	794	579
Internet věcí (IoT)	Industry 4.0; IoT	2 944	2 519
Kybernetická bezpečnost	Industry 4.0; cyber-security	291	109
Lean Management	Industry 4.0; LEAN; Lean management; LEAN 4.0	591	430
MES	Industry 4.0; MES; MES 4.0	143	76
Modely připravenosti	Industry 4.0; maturity or readiness model	231	271
Organizační struktura	Industry 4.0; Organizational structure	63	24
Plánování výroby	Industry 4.0; Production scheduling	72	55

Prediktivní údržba	Industry 4.0; predictive maintenance	550	397
Procesní řízení	Industry 4.0; BPM;	70	37
Projektové řízení	Industry 4.0; Project Management	201	196
Průmysl 4.0	Industry 4.0	21 730	20 736
Roboti	Industry 4.0; robots	1 557	695
Řízení kontinuity	Industry 4.0; Business continuity	17	12
Řízení lidských zdrojů a připravenost zaměstnanců	Industry 4.0; human resources; requirements; qualification; skills; readiness	440	314
Řízení rizik	Industry 4.0; risk management	208	181
Řízení velkých dat	Industry 4.0; big data; management	601	1 059
Rozšířená reality	Industry 4.0; Augmented reality	583	458
Senzory	Industry 4.0; sensors	2 475	2 096
Síť 5G	Industry 4.0; 5G; IoT	409	316
Spolupráce člověk/stroj/robot	Industry 4.0; human-machine; human-robot	571	10 852
Standardy	Industry 4.0; standards	1628	1729
Udržitelná výroba 4.0 /Zelená dohoda EU	Industry 4.0; Green Deal; sustainable manufacturing;	172	192
Umělá Inteligence	Industry 4.0; Artificial Intelligence	1 984	1 460
Velká data (Big Data)	Industry 4.0; big data	1 727	1 835

Virtuální realita	Industry 4.0; virtual reality	503	276
Virtuální továrny	Industry 4.0; Learning factory	138	85
Virtuální továrny v oblasti výuky	Education 4.0; learning factory	2	1
Vzdělávání 4.0	Education 4.0	339	176
Zelená dohoda EU	Industry 4.0; Green Deal	11	10
Životní cyklus výrobku	Industry 4.0; product life cycle	219	86

Příloha B – Přehled modelů připravenosti a zralosti pro zhodnocení připravenosti podniků na digitální transformaci a koncept Průmyslu 4.0

Název	Rok/Autor	Počet dimenzí	Počet úrovní	Hodnocení „zelených“ požadavků
Manufacturing Readiness Index [105]	2011/Jung et al	4 (Organizational; Information technology; Performance management; Information connectivity)	6 (Not performed; Initial; Managed; Defined; Qualitative; Optimizing)	Ne
RAMI 4.0 (Reference architecture model for Industry 4.0) [106]	2015/BITKOM, ZVEI a VDMA	6 (Business; Functional; Information; Communication; Integration; Asset)	7 (Product field device, Control device, Station, Work centres, Enterprise, Connected world)	Ne
IMPULS [107]	2015/Lichtblau et al.	6 (Strategy and organization; Smart factory; Smart Operations; Smart Products; Data-driven services; Employees),	6 (Outsider, Beginner, Intermediate, Experienced, Expert, Top performer)	Ne
SIMMI 4.0 (System Integration Maturity Model Industry 4.0) [108]	2016/C. Leyh	4 (Vertical integration, Horizontal integration, Digital product development, Cross-cutting technology criteria)	5 (Basic digitization level, Cross-sector digitization, Horizontal and vertical digitization, Full digitization, Optimized full digitization)	Ne
The Connected Enterprise Maturity Model [109]	2016/Rockwell Automation	4 (Information infrastructure; Controls and devices; Networks that move all of this information; Security policies)	5 (Assessment; Secure and upgraded network controls; Defined and organized working data capital (WDC); Analytics; Collaboration)	Ne
Guidelines for I 4.0 [145]	2015/Anderl et al. – VDMA	5 (Preparation; Analysis; Creativity; Evaluation and implementation)	x	Ne

<p>The Industrie 4.0 Component Model [146]</p>	<p>2015/ZVEI</p>	<p>6 (Data, Functions, Services, Integration, Seamless Information Flow, Modularity)</p>	<p>x</p>	<p>Ne</p>
<p>Evaluation form for evaluation of digital maturity of the company [147]</p>	<p>2015/ Zdeněk Havelka et al.</p>	<p>5 (Leadership and Business Model; Customer Orientation and Digital Product; Operating Model, Digital Value Creation Environment and Digital Management; Technology; Data Management and Data Culture)</p>	<p>5 (Traditional disaster-bound business; Digital awareness-based firm; Innovative digital awareness firm; Platform-aspiring or cooperating platform; Exponential digital firm)</p>	<p>Ne</p>
<p>Digital maturity of the enterprise [35]</p>	<p>2016/MPO</p>	<p>x</p>	<p>5 levels</p>	<p>Ne</p>
<p>Industry 4.0 / Digital Operations Self-Assessment [148]</p>	<p>2016/Geissbauer et al. - PwC</p>	<p>7 (Digital business models and customer access; Digitisation of product and service offerings; Digitisation and integration of vertical and horizontal value chains; Data and Analytics as core capability; Agile IT architecture; Compliance, security, legal and tax; Organisation, employees and digital culture)</p>	<p>4 (Digital novice; Vertical integrator; Horizontal collaborator; Digital champion)</p>	<p>Ne</p>
<p>Industry 4.0 Maturity Model [149]</p>	<p>2016/Schumacher et al.</p>	<p>9 (Strategy; Leadership; Customers; Products; Operations; Culture; People; Governance; Technology)</p>	<p>5 (lack of attributes the supporting concepts of Industry 4.0, company can meet all requirements of Industry 4.0)</p>	<p>Ne</p>

Maturity Model (Considering Diversification as Enabler) [150]	2016/Ganzarain & Errasti	3 (Envision; Enable; Enact)	5 (Initial; Managed, Defined; Transform; Detailed BM)	Ne
A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 [151]	2016/Qin et al.	2 (Intelligence; Automation)	3 levels of Intelligence - Control level, Integration level, and Intelligence level; 3 levels for Automation – Machine, Process, Factory	Ne
Study Based Analysis on the Current Digitalization Degree in the Manufacturing Industry in Germany [152]	2016/Bogner et al.	3 (Productivity; Availability; Customer satisfaction)	Different for each dimension	Ne
Development of an Assessment Model for Industry 4.0: Industry 4.0-MM [153]	2017/E. Gökalp et al.	5 (Asset Management, Data Governance; Application Management; Organizational Alignment; Process Transformation)	5 (Incomplete, Performed, Managed, Established, Predictable)	Ne
Maturity Model for Data Driven Manufacturing (M2DDM) [154]	2017/Weber et al.	x	6 (Nonexistent IT Integration, Data and System Integration, Integration of Cross-Life-Cycle Data, Service-Oriented, Digital Twin, Self-Optimizing Factory)	Ne
Digital Readiness Assessment Maturity Approach (DREAMY) [155]	2017/Carolis al.	5 (Design and engineering; Production management; Quality management; Maintenance management; Logistics management)	5 (Initial, Managed, Defined, Integrated and Interoperable, Digital oriented)	Ne

A Smartness Assessment Framework for Smart Factories [156]	2017/Lee et al.	4 (Leadership; Process; System & Automation; Performance)	5 levels (checking; monitoring; control; optimization; autonomy)	Ne
Industrie 4.0 Maturity Index (ACATECH) [157]	2017/Schuh et al.	4 (Information systems; Resources; Organisation; Culture)	6 stages (Computerisation; Connectivity; Visibility; Transparency; Predictive capacity; Adaptability)	Ne
Maturity and Readiness Model for I 4.0 Strategy [158]	2018/K.Y.Akdil et al.	13 areas divided into 3 dimensions (Smart products and services; Smart business processes; Strategy and Organization) and 3 subdimensions (Smart production and operations; Smart marketing and Sales operations; Supportive operations)	4 Levels (Absence; Existence; Survival; Maturity)	Ne
Towards a Framework for Assessing the Maturity of Manufacturing Companies in Industry 4.0 Adoption [159]	2018/Scremin et al.	3 axis (30 maturity items) – Strategy; Maturity; Performance	x	Ne
Maturity model for manufacturing enterprises [160]	2018/Andreas Schumacher	8 (Technology; Products; Customers and Partner; Value Creation Processes; Data & Information; Corporate Standard; Employees; Strategy and Leadership)	4 maturity level individuals for each dimension	Ne
Contextualizing the outcome of a maturity assessment for Industry 4.0 – 360 Digital Maturity Assessment [161]	2018/M.Colli et al.	5 (Governance; Value creation; Competences; Connectivity; Technology)	6 (None, Basic, Transparent, Aware, Autonomous, Integrated)	Ne

<p>Concept for an evolutionary maturity based Industrie 4.0 migration model [162]</p>	<p>2018/Stefan et al.</p>	<p>3 (Technology; Organization; Personnel)</p>	<p>Individual characteristic/levels for each criterion – maybe 7</p>	<p>Ne</p>
<p>Logistics 4.0 Maturity in Service Industry [163]</p>	<p>2019/KarolinaWerner-Lewandowsk</p>	<p>x</p>	<p>6 levels</p>	<p>Ne</p>
<p>The degree of readiness for the implementation of Industry 4.0 [164]</p>	<p>2019/Pacchini et al.</p>	<p>8 (IoT; Big data; Cloud computing; CPS; Autonomous robots; Additive Manufacturing; Augmented Reality; Artificial Intelligence)</p>	<p>6 (Embryonic; Initial; Primary; Intermediate; Advanced; Ready)</p>	<p>Ne</p>
<p>Cybersecurity in the context of industry4.0: A structured c classification of critical assets and business impacts [165]</p>	<p>2020/A.Corallo et al.</p>	<p>7 (Product design Information; Machine setting Parameters; Machine operations sequence; Machine working parameters; Machine components' status; Work piece properties; Corrective instructions on machine setting parameters)</p>	<p>3 (Loss of confidentiality; Loss of integrity; Loss of availability)</p>	<p>Ne</p>
<p>To assess smart manufacturing readiness by maturity model: a case study on Taiwan Enterprises [166]</p>	<p>2020/ Tzu-Chieh Lin et al.</p>	<p>3 (Technology; Process; Organisation)</p>	<p>3 (Immaturity; Partial Maturity Maturity)</p>	<p>Ne</p>

Příloha C – Průvodní dopis

Vážená paní, vážený pane,

obracím se na Vás s prosbou o vyplnění dotazníku k mé závěrečné práci. Jsem si vědoma, že v současné době máte určitě starosti se spoustou jiných důležitějších věcí, ale přesto bych Vás chtěla poprosit o zhruba 20-30 minut Vašeho času.

Jmenuji se Andrea Benešová a jsem studentkou doktorského studia na Fakultě elektrotechnické, Západočeské univerzity v Plzni. V rámci disertační práce se zabývám oblastí, která mě osobně velice baví a zajímá, jedná se koncept Průmyslu 4.0 a dále Zelené dohody EU. Cílem tohoto dotazníkového šetření je získat informace, díky nimž budu moci specifikovat současný stav připravenosti podniků na koncept Průmyslu 4.0 s ohledem na požadavky Zelené dohody EU v podnicích. Z tohoto důvodu jsem vytvořila dotazník, který naleznete na následujícím odkazu:

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfsZJUuDqZfD9xZNDvqzzPcCutyCuNILMZP_jDNUJ-yf8zBXQ/viewform?usp=sf_link

Vyplnění dotazníku je zcela anonymní a mohu Vám zaručit, že Vaše odpovědi poslouží pouze vědeckým účelům, nikoliv komerčním. Pokud budete mít zájem, ráda Vám poté i zašlu mnou zpracované výsledky dotazníkového šetření. Budu ráda, když dotazník vyplní osoba z Vaší společnosti, která má největší přehled o fungování celého podniku, ale samozřejmě to není podmínkou. Kontaktní email na Vás jsem získala z průvodce veletrhu pracovních příležitostí ZČU nebo z Vašich internetových stránek.

Na závěr bych Vás chtěla požádat o vyplnění dotazníku nejpozději do 1.2.2021, abych měla dostatek času na vyhodnocení dat a mohla i Vám, co nejdříve případně zaslat zpracované výsledky, pokud tedy budete mít zájem.

Předem Vám děkuji za spolupráci a za čas, který věnujete vyplnění dotazníku.

S přáním hezkého dne

Ing. Andrea Benešová

Příloha D Otázky z dotazníku se stanovenými váhami jednotlivých dimenzí a otázek

Informace o podniku

Otázky slouží pouze pro zařazení Vašeho podniku a jsou důležité pro závěrečné vyhodnocení

1. Do jakého průmyslového odvětví patří Vaše společnost? Prosím, uveďte do řádku jiné i předmět Vašeho podnikání (např. výroba elektroniky). *

Pro zařazení podniku můžete využít klasifikaci ekonomických činností (CZ-NACE)

- Automobilový průmysl
- Elektrotechnický průmysl
- Energetika
- Chemický průmysl
- Textilní průmysl
- Jiné:

2. Je Váš podnik pobočkou/dceřinou společností jiného podniku? Pokud ano, prosím uveďte do řádku jiné, jaká je kategorie hlavní/matěřské společnosti. *

- Ano
- Ne
- Jiné:

3. Do jaké kategorie patří Váš podnik? *

- Mikropodnik podnik, který zaměstnává méně než 10 zaměstnanců
- Malý podnik, který zaměstnává více než 10 zaměstnanců, ale méně než 50
- Střední podnik, který zaměstnává více než 50, ale méně než 250
- Velký podnik, který má více než 250 zaměstnanců

4. Jaká je vaše pracovní pozice ve společnosti? *

5. Znáte pojem Průmysl 4.0 a plánujete implementaci uvedeného konceptu do svého podniku? *

- Ano, pojem Průmysl 4.0 znám a uvedený koncept již máme implementovaný
- Ano, pojem Průmysl 4.0 znám a jsme ve fázi dokončování projektů implementace konceptu
- Ano, pojem Průmysl 4.0 znám a uvedený koncept postupně implementujeme
- Ano, pojem Průmysl 4.0 znám a implementaci konceptu plánujeme
- Ne, pojem Průmysl 4.0 neznám a neplánujeme implementaci
- Ne, pojem Průmysl 4.0 neznám, přesto bych rád provedl zhodnocení podniku

Obecné otázky

6. Které z následujících pojmů podle Vás nejlépe charakterizují Průmysl 4.0? *

- Digitální podnik
- Automatizace a robotizace výroby
- Řízení výroby pomocí umělé inteligence
- Chytrá továrna

7. Jaké hlavní přínosy očekáváte od implementace konceptu Průmyslu 4.0? *

- Tržní dominance a získání nových trhů
- Zlepšení naší tržní pozice ve vztahu ke konkurenci
- Zvýšení produktivity
- Flexibilita podniku
- V implementaci konceptu Průmyslu 4.0 žádné výhody nevnímáme
- Implementace konceptu nemá žádné výhody, naopak nám může uškodit

8. Jaké jsou dvě největší překážky, které vnímáte při implementaci iniciativy Průmysl 4.0 ve vaší organizaci? *

- Nedostatek manažerského zájmu
- Nedostatek investic
- Nedostatek kvalifikovaných a talentovaných zaměstnanců
- Nedostatek znalostí
- Obavy o kybernetickou bezpečnost a soukromí
- Nedostatek vize a konceptuálního přístupu

Strategie a Leadership - 15% (váha celé dimenze)

9. Aplikujete ve firmě standardy systému řízení? * 3%

- Ano, standard máme zavedený a certifikovaný (1,5)
 - V současné době zavádíme (1)
 - Ne, ale plánujeme zavedení uvedeného standardu (0,5)
 - Standard nemáme zavedený ani neplánujeme zavádět (-0,5)
 - Nevím/Nemám informaci (0 bodů)
- Kvality
 - Bezpečnosti práce
 - Environmentální
 - Kybernetická bezpečnost

10. Máte stanovený plán kontinuity podnikání? * 4%

- Ne, plán kontinuity podnikání vůbec stanovený nemáme (-0,5)
- Ne, ale plánujeme jeho přípravu (0,5)
- V současné době jsme ve fázi tvorby/stanovení plánu kontinuity podnikání (1)
- Plán kontinuity již máme stanovený (1,5)
- Nevím/Nemám informaci (0 bodů)

11. Jak ve vedení společnosti komunikujete o změnách spojených se zaváděním prvků Průmyslu 4.0? * 2%

- O změnách v organizaci každý ví, zná je a sdílí (1,5)
- Změny jsou obecně známy, podrobnější obsah je znám pro vyšší management (1)

- Změny jsou obecně známy, podrobnější obsah je znám jen několika zaměstnancům, kterých se změny týkají (0,5)
- Změny jsou známy pouze vyššímu managementu, zaměstnanci s nimi nejsou obeznámeni (-0,5)

12. V jaké fázi definování strategie pro implementaci Průmyslu 4.0 se nacházíte? * 4%

- Strategii pro implementaci konceptu Průmyslu 4.0 nemáme vůbec definovanou (-0,5)
- Jsme ve fázi přípravy a definování strategie pro implementaci konceptu Průmyslu 4.0 (0)
- Strategii máme definovanou a postupně implementujeme dílčí prvky konceptu (0,5)
- Strategii máme definovanou a budeme implementovat poslední fázi konceptu Průmyslu 4.0 (1)
- Strategii pro implementaci konceptu Průmyslu 4.0 jsme již naplnili (1,5)

13. Zohledňuje strategie i plán případné reorganizace společnosti v souvislosti s Průmyslem 4.0 a požadavky Zelené dohody EU týkající se výroby šetrné k životnímu prostředí? * 2%

- Ano (0,5)
- Ne (-0,5)
- Nevím/Nemám informace (0)

- Plán případné reorganizace společnosti v souvislosti s Průmyslem 4.0
- Požadavky Zelené dohody EU týkající se výroby šetrné k životnímu prostředí

Zdroje podniku (finance, zaměstnanci, vybavení) 25%

14. Disponuje Vaše firma dostatečnými finančními zdroji pro implementaci prvků Průmyslu 4.0? * 3%

- Naprosto souhlasím
- 1 (1)
- 2 (0,5)
- 3 (0)
- 4 (-0,5)
- 5 (-1)
- Naprosto nesouhlasím

15. Má Vaše organizace oddělení nebo pracovníka zabývajícího se implementací prvků Průmyslu 4.0 ve vaší firmě? * 2%

- Ano, máme oddělení zabývající se Průmyslem 4.0 (1)
- Ano, máme vyčleněného pracovníka zabývajícího se Průmyslem 4.0 (0,5)
- Nemáme vyčleněného pracovníka ani oddělení pro Průmysl 4.0 (-0,5)

16. Jsou ve Vaší společnosti zaváděny nové role (včetně zavedení v organizační struktuře) v souvislosti s Průmyslem 4.0? * 2%

- Ano, nové role v souvislosti s Průmyslem 4.0 jsou v naší společnosti zaváděny a jsou zavedeny i v organizační struktuře (1)
- Ano, nové role v souvislosti s Průmyslem 4.0 jsou v naší společnosti zaváděny, ale nejsou zavedeny v organizační struktuře (0,5)
- Ne (-0,5)

17. Disponuje Vaše společnost následujícími pracovními pozicemi? * 3%

- Ano (0,5)
- Ne (-0,5)

- Manažer digitalizace
- Analytik velkých dat
- Konstruktor pro 3D tisk a CAD/CAM technologie
- Architekt kybernetické bezpečnosti
- Projektový koordinátor
- Manažer údržby

18. Má Vaše firma dostatečné personální zajištění v oblasti/útvary správy a zabezpečení IT? * 2%

- Ano, máme vlastní útvar IT (1,5)
- Máme jednoho zaměstnance (správce sítě), který zabezpečuje chod informačních systémů (1)
- Pro správu a zabezpečení IT využíváme externí firmy (0,5)
- Ne (-0,5)
- Nevím/Nemám informaci (0)

19. Jsou rozšiřovány pracovní náplně a kompetence lidí s ohledem na požadavky Průmyslu 4.0? * 2%

- Naprosto souhlasím
- 1 (1)
- 2 (0,5)
- 3 (0)
- 4 (-0,5)
- 5 (-1)
- Naprosto nesouhlasím

20. Přípravujete zaměstnance na využívání nových technologií? * 2%

- Ano, pořádáme školení při nákupu nového vybavení nebo systému (1)
- Ano, v případě nutnosti nebo na základě návrhu od zaměstnanců uspořádáme potřebné školení (0,5)
- Ano, pořádáme pravidelná školení pro zvýšení kvalifikace zaměstnanců v různých oblastech (1,5)

- Ne, pořádáme pouze základní školení (BOZP, PO) (0)
21. Které z následujících digitálních kompetencí převážně od zaměstnanců vyžadujete? *
- Za každý půl bod 2%
- Základní práci s počítačem a správou souborů (znalost Word, Excel, PowerPoint), základní práce s internetem a komunikace
 - Schopnost používání komerčně dostupných firemních informačních systémů (např. ERP)
 - Programování
 - Tvorba webových stránek
 - Správa webových stránek, sítí a databází
 - 3D modelování a tisk
 - Analýza a vizualizace dat
 - Žádné (0)
22. Disponuje Vaše firma dostatečným technologickým vybavením pro implementaci konceptu Průmyslu 4.0? * 4%
- Ano (1 bod)
 - Spíše ano (0.5)
 - Nevím (0)
 - Spíše ne (-0.5)
 - Ne (-1)
- Senzory
 - Počítače/Tablety
 - Roboty/Kolaborativní roboty
 - Autonomní mobilní roboty
 - Výrobní stroje
 - Automatizované výrobní linky
 - Stroje pro aditivní výrobu
 - Informační systémy
 - Specializované systémy (např. kyberfyzikální systém)
 - Systémy pro simulaci (digitální dvojče)
 - Systémy rozšířené a virtuální reality
23. Využívá Vaše firma v současné době některé z následujících systémů? * 3%
- ERP (Plánování podnikových zdrojů)
 - MES (Výrobní informační systém)
 - PLM (řízení životního cyklu výrobku)
 - PDM (Řízení dat o produktu)
 - PPS (Systém na plánování výroby)
 - MDC (Strojový sběr dat)
 - CAD (Počítačové projektování)
 - SIMATIC (Průmyslový automatizační systém)
 - Jiné:

Technologie

24. Myslíte si, že následující technologie by byly přínosné pro Vaši práci? A plánujete jejich zavedení? * 8%

Ano je/jsou přínosná/é a máme již ve firmě implementované (1,5)

Ano, byla/y by přínosná/é a v současné době je zavádíme (1)

Ano, byla/y by přínosná/é a plánujeme zavedení (0.5)

Ano, byla/y by přínosná/é, ale v současné době neplánujeme zavedení (0)

Ne, nebyla/y by přínosná/é a neplánujeme zavedení (-0,5)

Senzory pro měření

Digitální dvojče

Prediktivní údržba

Aditivní technologii

Analýza velkých dat

Automatizace a robotizace

Internet věcí (IoT)

Cloud computing

Kybernetické zabezpečení

Umělá inteligence

25. Které metody výrobního managementu byste implementovali pro řízení nových technologií? * (Tato otázka není hodnocena, chtěli jsme pouze zjistit názor firem)

Demingův cyklus (PDCA cyklus)

Metoda 5 x Proč

Metoda 5S

Kaizen

KANBAN

SMED

MUDA

POKA-YOKE

Procesní řízení

Senzory pro měření

Digitální dvojče

Prediktivní údržba

Aditivní technologii

Analýza velkých dat

Automatizace a robotizace

Internet věcí (IoT)

Cloud computing

Kybernetické zabezpečení

Umělá inteligence

26. Má Vaše organizace propojené IT systémy mezi jednotlivými odděleními (např. propojení systému zásob a nákupu s účetním systémem)? * 5%

- Ano, máme propojené (1,5)
- V současné době realizujeme (1)

- Ne, ale plánujeme propojit IT systémy mezi jednotlivými odděleními (0,5)
- Ne ani to neplánujeme (-0,5)
- Nevím/Nemám informaci (0)

27. Spolupracujete a sdílíte v rámci firmy mezi sebou informace pomocí digitálních platforem (např. Skype, Messenger, apod.)? * 3%

Naprosto souhlasím

- 1 (1)
2 (0,5)
3 (0)
4 (-0,5)
5 (-1)

Naprosto nesouhlasím

28. Provádíte obchodní rozhodnutí na základě analýzy velkých dat? * 4%

- Ano, jsme organizace řízená pomocí analýzy dat. Při rozhodování se řídíme pouze daty spíše než intuicí nebo osobními zkušenostmi (1,5)
- Ano, pro rozhodování využíváme kromě dalších faktorů i datovou analýzu (1)
- Ne, ale v současné době u nás zavádíme analýzu velkých dat (0,5)
- Ne, nemáme přístup k potřebným datům (0)
- Ne, ani to neplánujeme (-0,5)

Produkt a služby 15%

29. Do jaké úrovně je Vaše společnost schopna vyrábět individuální produkt dle požadavků zákazníků? * 4%

- Naše společnost má stanovené portfolio výrobků, které neumožňuje individualizaci produktu (-0,5)
- Naše společnost má stanovené portfolio výrobků a jsou možné individualizované modifikace části produktu dle požadavků zákazníka (1)
- Produkt může být plně definován zákazníkem (1,5)
- Nevím/Nemám informaci (0)

30. Jak probíhá v současné době výroba Vašeho produktu? * 4%

- Náš produkt je pouze fyzický, nevyužíváme digitálního dvojčete ani nesbíráme data o produktu během výroby (-0,5)
- Náš produkt je pouze fyzický, nevyužíváme digitálního dvojčete, data o produktu během výroby sbíráme (0)
- Návrh produktu je počítačově vytvořený, nevyužíváme digitálního dvojčete, data o produktu nesbíráme (0,5)
- Návrh produktu je počítačově vytvořený, nevyužíváme digitálního dvojčete, data o produktu sbíráme (1)
- Návrh produktu je počítačově vytvořený, využíváme digitálního dvojčete pro testování a jeho zlepšení, data o produktu sbíráme (1,5)

31. Jaká opatření v současné době máte zavedená pro zajištění výroby šetrné k životnímu prostředí? * za každé půl bod 4%

- Zateplení budovy
- Snížení energií a plýtvání materiálu
- Využití recyklovatelných materiálů
- Zvýšení životnosti produktu
- Snížení emisí
- Využití technologií šetrných k životnímu prostředí (solární panely)
- Využití elektromobilů
- Třídění odpadu
- Nevím/Nemám informaci (0)
- Žádné (-1)

32. Jakým způsobem probíhá komunikace s Vašimi dodavateli? Můžete zvolit více odpovědí * za každé půl bod 4%

- S našimi dodavateli komunikujeme pouze dle potřeby a osobně
- S našimi dodavateli komunikujeme pomocí elektronické komunikace (např. e-mail)
- S našimi dodavateli komunikujeme telefonicky
- S našimi dodavateli využíváme speciální elektronický systém (např. e-Kanban systém IKS)
- S našimi dodavateli máme digitálně propojené procesy, navzájem sdílíme potřebná data, která se týkají dané objednávky

33. Jakými všemi způsoby probíhá komunikace s Vaším zákazníkem? Můžete zvolit více odpovědí * za každé půl bod 4%

- Máme vlastní webové stránky
- S našimi zákazníky komunikujeme přes obchodníky
- S našimi zákazníky komunikujeme telefonicky
- S našimi zákazníky komunikujeme elektronicky (e-mail)
- S našimi zákazníky komunikujeme přes sociální sítě
- S našimi zákazníky komunikujeme pomocí firemního systému, který zaznamenává data i o objednávkách
- S našimi zákazníky komunikujeme pomocí speciálního systému (systém slouží pro komunikaci, sbírá data o objednávkách, umožňuje zákazníkovi sledovat, v jaké fázi je výroba objednaného produktu)

Podnikové procesy

34. Na jaké úrovni jsou následující řídicí procesy Vaší firmy? * 4,5%

- Proces neprovádíme (-0,5)
 - Procesy nemáme zmapované ani automatizované (0)
- Procesy máme zmapované, řídíme je a optimalizujeme, ale nejsou automatizované (0.5)
 - Procesy jsou částečně vykonávané automaticky (1)
- Procesy jsou z velké části automatizované a data jsou zobrazena v reálném čase (1.5)

- Procesy jsou propojené, plně digitalizované a autonomní (procesy se samy řídí i optimalizují) (2)
- Strategické řízení
- Finanční řízení
- Controlling
- Řízení změn
- Řízení kvality a rizik
- Řízení lidských zdrojů

35. Na jaké úrovni jsou následující hlavní procesy Vaší firmy? 5%

- Proces neprovádíme
 - Procesy nemáme zmapované ani automatizované
 - Procesy máme zmapované, řídíme je a optimalizujeme, ale nejsou automatizované
 - Procesy jsou částečně vykonávané automaticky
- Procesy jsou z velké části automatizované a data jsou zobrazena v reálném čase
- Procesy jsou propojené, plně digitalizované a autonomní (procesy se samy řídí i optimalizují)
- Vývoj produktů
- Plánování výroby
- Řízení výroby
- Prodej a Marketing
- Distribuce

36. Na jaké úrovni jsou následující podpůrné procesy Vaší firmy? *4,5%

- Proces neprovádíme
 - Procesy nemáme zmapované ani automatizované
 - Procesy máme zmapované, řídíme je a optimalizujeme, ale nejsou automatizované
 - Procesy jsou částečně vykonávané automaticky
- Procesy jsou z velké části automatizované a data jsou zobrazena v reálném čase
- Procesy jsou propojené, plně digitalizované a autonomní (procesy se samy řídí i optimalizují)
- Nákup strojů a vybavení
- Nákup surovin/materiálu
- Údržba a servis strojů
- IT procesy/Kybernetická bezpečnost
- Facility management (správa budov atd.)
- Zpětný odběr vlastních výrobků a jejich likvidace
- Recyklace a zpracování odpadu při výrobě
- Skladování

37. Na jaké úrovni jsou Vaše podnikové procesy propojeny s podnikovými systémy (např.

ERP, MES, PLM a další) * 4%

- Proces provádíme, ale nemáme ho propojený s žádným podnikovým systémem (0)
- Proces provádíme a máme ho propojený s jiným procesem, ale není provázaný s žádným podnikovým systémem (0.5)
- Proces provádíme a máme ho propojený s jedním podnikovým systémem (1)
- Proces je provázan s dalším procesem a více podnikovými systémy (1.5)
 - Proces je provázan se všemi procesy i podnikovými systémy (2)
 - Proces neprovádíme (-0,5)

- Strategické řízení
- Finanční řízení
- Controlling
- Řízení změn
- Řízení kvality a rizik
- Řízení lidských zdrojů
- Vývoj produktů
- Plánování výroby
- Řízení výroby
- Prodej a Marketing
- Distribuce
- Nákup strojů a vybavení
- Nákup surovin/materiálu
- Údržba a servis strojů
- IT procesy/Kybernetická bezpečnost
- Facility management (správa budov atd.)
- Recyklace a zpracování odpadu při výrobě
- Zpětný odběr vlastních výrobků a jejich likvidace
- Skladování

38. Jakým způsobem ve Vaší firmě probíhá proces diagnostiky a údržby strojů? * 2%

- Provádíme plánovanou preventivní údržbu strojů na základě předem stanovených časových intervalů (např. řád preventivní údržby) (0,5)
- Využíváme digitální diagnostiky pro predikování poruch, neshod a údržbu strojů (1)
- Diagnostiku a údržbu strojů neprovádíme, vzniklé poruchy řešíme ad hoc (-0,5)
- Nevím/Nemám informaci (0)

Příloha E Charakteristika zúčastněných podniků

Respondent	Do jakého průmyslového odvětví patří Vaše společnost? Prosím, uveďte do řádku jiné i předmět Vašeho podnikání (např. výroba elektroniky).	Je Váš podnik pobočkou/dceřinou společností jiného podniku? Pokud ano, prosím uveďte do řádku jiné, jaká je kategorie hlavní/mateřské společnosti.	Do jaké kategorie patří Váš podnik?	Jaká je vaše pracovní pozice ve společnosti?
1	Elektrotechnický průmysl	Ne	Mikropodnik podnik, který zaměstnává méně než 10 zaměstnanců	Jednatel
2	Elektrotechnický průmysl	Ne	Mikropodnik podnik, který zaměstnává méně než 10 zaměstnanců	Jednatel
3	Elektrotechnický průmysl	Ne	Malý podnik, který zaměstnává více než 10 zaměstnanců, ale méně než 50	CEO
4	Elektrotechnický průmysl	Ano	Velký podnik, který má více než 250 zaměstnanců	Oblastní manažer
5	Elektrotechnický průmysl	Ne	Mikropodnik podnik, který zaměstnává méně než 10 zaměstnanců	CEO
6	Elektrotechnický průmysl	Ne	Malý podnik, který zaměstnává více než 10 zaměstnanců, ale méně než 50	Finanční manažer
7	Elektrotechnický průmysl	Ne	Střední podnik, který zaměstnává více než 50, ale méně než 250	Vedoucí oddělení
8	Elektrotechnický průmysl	Ne	Střední podnik, který zaměstnává více než 50, ale méně než 250	Ředitel a jednatel
9	Elektrotechnický průmysl	Ne	Malý podnik, který zaměstnává více než 10 zaměstnanců, ale méně než 50	Manažer
10	Elektrotechnický průmysl	Ne	Střední podnik, který zaměstnává více než 50, ale méně než 250	Generální ředitel
11	Elektrotechnický průmysl	Ne	Malý podnik, který zaměstnává více než 10 zaměstnanců, ale méně než 50	Prokuristka
12	Elektrotechnický průmysl	Ne	Malý podnik, který zaměstnává více než 10 zaměstnanců, ale méně než 50	Jednatel
13	Elektrotechnický průmysl	Ne	Velký podnik, který má více než 250 zaměstnanců	Project Manager
14	Elektrotechnický průmysl	Ne	Střední podnik, který zaměstnává více než 50, ale méně než 250	Projektový manažer
15	Elektrotechnický průmysl	Ano	Velký podnik, který má více než 250 zaměstnanců	HR manažer
16	Elektrotechnický průmysl	Ne	Velký podnik, který má více než 250 zaměstnanců	Contracting & Project manager
17	Elektrotechnický průmysl	Ne	Malý podnik, který zaměstnává více než 10 zaměstnanců, ale méně než 50	Společník, jednatel, vedení firmy
18	Elektrotechnický průmysl	Ano	Malý podnik, který zaměstnává více než 10 zaměstnanců, ale méně než 50	Ředitel

Respondent	Do jakého průmyslového odvětví patří Vaše společnost? Prosím, uveďte do řádku jiné i předmět Vašeho podnikání (např. výroba elektroniky).	Je Váš podnik pobočkou/dceřinou společností jiného podniku? Pokud ano, prosím uveďte do řádku jiné, jaká je kategorie hlavní/mateřské společnosti.	Do jaké kategorie patří Váš podnik?	Jaká je vaše pracovní pozice ve společnosti?
19	Elektrotechnický průmysl	Ano	Střední podnik, který zaměstnává více než 50, ale méně než 250	Sales manager
20	Elektrotechnický průmysl	Ano	Střední podnik, který zaměstnává více než 50, ale méně než 250	Ředitel výroby
21	Elektrotechnický průmysl	Ne	Střední podnik, který zaměstnává více než 50, ale méně než 250	Ředitel
22	Elektrotechnický průmysl	Ano	Střední podnik, který zaměstnává více než 50, ale méně než 250	Technický manažer
23	Elektrotechnický průmysl	Ano	Střední podnik, který zaměstnává více než 50, ale méně než 250	Vedoucí obchodního oddělení
24	Elektrotechnický průmysl	Ano	Velký podnik, který má více než 250 zaměstnanců	Manažer výroby
25	Elektrotechnický průmysl	Ne	Mikropodnik podnik, který zaměstnává méně než 10 zaměstnanců	Jednatel
26	Elektrotechnický průmysl	Ne	Velký podnik, který má více než 250 zaměstnanců	Personální ředitel
27	Elektrotechnický průmysl	Ne	Malý podnik, který zaměstnává více než 10 zaměstnanců, ale méně než 50	Inženýr automatizace
28	Elektrotechnický průmysl	Ne	Střední podnik, který zaměstnává více než 50, ale méně než 250	Obchodní ředitelka
29	Elektrotechnický průmysl	Ano	Střední podnik, který zaměstnává více než 50, ale méně než 250	Engineering manager
30	Elektrotechnický průmysl	Ne	Střední podnik, který zaměstnává více než 50, ale méně než 250	Systemový inženýr
31	Elektrotechnický průmysl	Ne	Malý podnik, který zaměstnává více než 10 zaměstnanců, ale méně než 50	Vedoucí výroby
32	Elektrotechnický průmysl	Ano	Malý podnik, který zaměstnává více než 10 zaměstnanců, ale méně než 50	Jednatel
33	Elektrotechnický průmysl	Ne	Střední podnik, který zaměstnává více než 50, ale méně než 250	Jednatel
34	Elektrotechnický průmysl	Ano	Velký podnik, který má více než 250 zaměstnanců	Vedoucí útvaru Technology and Innovation
35	Elektrotechnický průmysl	Ano	Velký podnik, který má více než 250 zaměstnanců	vedoucí HR
36	Elektrotechnický průmysl	Ne	Velký podnik, který má více než 250 zaměstnanců	vedoucí HR

Respondent	Do jakého průmyslového odvětví patří Vaše společnost? Prosím, uveďte do řádku jiné i předmět Vašeho podnikání (např. výroba elektroniky).	Je Váš podnik pobočkou/dceřinou společností jiného podniku? Pokud ano, prosím uveďte do řádku jiné, jaká je kategorie hlavní/mateřské společnosti.	Do jaké kategorie patří Váš podnik?	Jaká je vaše pracovní pozice ve společnosti?
42	Elektrotechnický průmysl	Ano	Velký podnik, který má více než 250 zaměstnanců	Projektový manažer
43	Elektrotechnický průmysl	Ano	Velký podnik, který má více než 250 zaměstnanců	Vedoucí výroby
44	Elektrotechnický průmysl	Ano	Malý podnik, který zaměstnává více než 10 zaměstnanců, ale méně než 50	Ředitel
45	Elektrotechnický průmysl	Ne	Střední podnik, který zaměstnává více než 50, ale méně než 250	Vedoucí kvality
46	Elektrotechnický průmysl	Ne	Velký podnik, který má více než 250 zaměstnanců	Vedoucí výroby
47	Elektrotechnický průmysl	Ne	Velký podnik, který má více než 250 zaměstnanců	Quality Engineer
48	Elektrotechnický průmysl	Ne	Velký podnik, který má více než 250 zaměstnanců	Vedoucí výroby
49	Elektrotechnický průmysl	Ne	Velký podnik, který má více než 250 zaměstnanců	Automation Engineer
50	Elektrotechnický průmysl	Ne	Velký podnik, který má více než 250 zaměstnanců	Development Engineer

Příloha F Tabulky s výpočtem připravenosti podnik

Otázka	max. počet bodů v dané otázce	Váha otázky	Výpočet (body z otázky × váha otázky)	Celkový počet bodů za sekci	Váha dimenze	Podnik 1	$\frac{n_{k1}}{n_{kmax}}$	Celkový výpočet K1
1	nic	0	0					
2	nic	0	0					
3	nc	0	0					
4	nic	0	0					
5	nic	0	0			Implementaci konceptu plánujeme		
6	nic	0	0					
7	nic	0	0					
8	nic	0	0					
9	6	0,03	0,18			1	0,166666667	0,005
10	1,50	0,04	0,06			1,5	1	0,04
11	1,5	0,02	0,03	11,5	15 %	1,5	1	0,02
12	1,5	0,04	0,06			-0,5	-0,333333333	-0,013333333
13	1	0,02	0,02			0	0	0
14	1	0,03	0,03			-0,5	-0,5	-0,015
15	1	0,02	0,02			-0,5	-0,5	-0,01
16	1	0,02	0,02			-0,5	-0,5	-0,01
17	3	0,03	0,09			0	0	0
18	1,5	0,02	0,03			0,5	0,333333333	0,006666667
19	1	0,02	0,02	29	25 %	0	0	0
20	1,5	0,02	0,03			0,5	0,333333333	0,006666667
21	4	0,02	0,08			2	0,5	0,01
22	11	0,04	0,44			-3,5	-0,318181818	-0,012727273
23	4	0,03	0,12			1	0,25	0,0075
24	15	0,08	1,20			-2	-0,133333333	-0,010666667
25	0	0,00	0,00			0	0	0
26	1,5	0,05	0,08			1,5	1	0,05
27	1	0,03	0,03	19	20 %	-0,5	-0,5	-0,015
28	1,5	0,04	0,06			-0,5	-0,333333333	-0,013333333
29	1	0,04	0,04			1	1	0,04
30	1,5	0,04	0,06			0	0	0
31	4	0,04	0,16			2	0,5	0,02
32	2,5	0,04	0,10	12,5	20 %	1,5	0,6	0,024
33	3,5	0,04	0,14			2	0,571428571	0,022857143
34	12	0,05	0,54			3	0,25	0,0125
35	10	0,05	0,50			1,5	0,15	0,0075
36	16	0,05	0,72	77	20 %	2	0,125	0,005625
37	38	0,04	1,52			8,5	0,223684211	0,008947368
38	1	0,02	0,02			0,5	0,5	0,01
Celkový počet bodů	149							20%

Podnik 2	$\frac{n_{K2}}{n_{Kmax}}$	Celkový výpočet dle vzorce K2	Podnik 3	$\frac{n_{K3}}{n_{Kmax}}$	Celkový výpočet K3	Podnik 4	$\frac{n_{K4}}{n_{Kmax}}$	Celkový výpočet K4
Postupně implementujeme			Postupně implementujeme			Postupně implementujeme		
2	0,33333333	0,01	3,5	0,58333333	0,0175	6	1	0,03
0,5	0,33333333	0,01333333	1,5	1	0,04	1,5	1	0,04
1	0,66666667	0,01333333	0,5	0,33333333	0,00666667	1	0,66666667	0,01333333
0	0	0	-0,5	-0,33333333	-0,01333333	0,5	0,33333333	0,01333333
-1	-1	-0,02	-1	-1	-0,02	0	0	0
0	0	0	1	1	0,03	0	0	0
-0,5	-0,5	-0,01	-0,5	-0,5	-0,01	-0,5	-0,5	-0,01
-0,5	-0,5	-0,01	-0,5	-0,5	-0,01	-0,5	-0,5	-0,01
-3	-1	-0,03	-2	-0,66666667	0	1	0,33333333	0,01
0,5	0,33333333	0,00666667	1	0,66666667	0,01333333	0,5	0,33333333	0,00666667
0	0	0	-1	-1	-0,02	0,5	0,5	0,01
0,5	0,33333333	0,00666667	1,5	1	0,02	0,5	0,33333333	0,00666667
1	0,25	0,005	1,5	0,375	0,0075	1,5	0,375	0,0075
-1,5	-0,13636363	-0,00545454	-2	-0,18181818	-0,00727272	0,5	0,04545454	0,00181818
2	0,5	0,015	1	0,25	0,0075	3,5	0,875	0,02625
3	0,2	0,016	2,5	0,16666667	0,01333333	5,5	0,36666667	0,02933333
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,5	1	0,05	1,5	1	0,05	1,5	1	0,05
0,5	0,5	0,015	0	0	0	-1	-1	-0,03
1	0,66666667	0,02666667	-0,5	-0,33333333	-0,01333333	-0,5	-0,33333333	-0,01333333
1	1	0,04	1	1	0,04	1	1	0,04
1	0,66666667	0,02666667	0	0	0	1	0,66666667	0,02666667
1	0,25	0,01	2,5	0,625	0,025	2,5	0,625	0,025
0,5	0,2	0,008	1,5	0,6	0,024	1,5	0,6	0,024
2	0,57142857	0,02285714	1,5	0,42857142	0,01714285	2	0,57142857	0,02285714
3	0,25	0,01125	2	0,16666667	0,0075	3	0,25	0,01125
1,5	0,15	0,0075	2	0,2	0,01	4	0,4	0,02
4	0,25	0,01125	5	0,3125	0,0140625	9	0,5625	0,0253125
10	0,26315789	0,01052631	13,5	0,35526315	0,01421052	21	0,55263157	0,02210526
0,5	0,5	0,01	0,5	0,5	0,01	1	1	0,02
		26%			27%			42%

Podnik 5	$\frac{n_{K5}}{n_{Kmax}}$	Celkový výpočet K5	Podnik 6	$\frac{n_{K6}}{n_{Kmax}}$	Celkový výpočet K6	Podnik 7	$\frac{n_{K7}}{n_{Kmax}}$	Celkový výpočet K7
Postupně implementujeme			Postupně implementujeme			Implementaci plánujeme		
6	1	0,03	4	0,666666667	0,02	6	1	0,03
1,5	1	0,04	-0,5	-0,333333333	-0,013333333	0	0	0
0,5	0,333333333	0,006666667	1	0,666666667	0,013333333	-0,5	-0,333333333	-0,006666667
0,5	0,333333333	0,013333333	0,5	0,333333333	0,013333333	-0,5	-0,333333333	-0,013333333
1	1	0,02	0	0	0	0	0	0
0	0	0	-0,5	-0,5	-0,015	0,5	0,5	0,015
0,5	0,5	0,01	-0,5	-0,5	-0,01	-0,5	-0,5	-0,01
1	1	0,02	-0,5	-0,5	-0,01	-0,5	-0,5	-0,01
1	0,333333333	0,01	1	0,333333333	0,01	-1	-0,333333333	-0,01
0,5	0,333333333	0,006666667	1,5	1	0,02	1,5	1	0,02
0	0	0	0,5	0,5	0,01	-0,5	-0,5	-0,01
1,5	1	0,02	1	0,666666667	0,013333333	0	0	0
2	0,5	0,01	2	0,5	0,01	0,5	0,125	0,0025
1,5	0,136363636	0,005454545	5,5	0,5	0,02	-6,5	-0,590909091	-0,023636364
3,5	0,875	0,02625	2	0,5	0,015	0,5	0,125	0,00375
8	0,533333333	0,042666667	1	0,066666667	0,005333333	-1	-0,066666667	-0,005333333
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,5	1	0,05	1,5	1	0,05	1,5	1	0,05
1	1	0,03	1	1	0,03	1	1	0,03
1	0,666666667	0,026666667	1	0,666666667	0,026666667	0	0	0
0,5	0,5	0,02	1	1	0,04	1	1	0,04
1	0,666666667	0,026666667	1,5	1	0,04	0	0	0
2	0,5	0,02	2	0,5	0,02	1	0,25	0,01
1,5	0,6	0,024	1,5	0,6	0,024	1,5	0,6	0,024
2,5	0,714285714	0,028571429	2,5	0,714285714	0,028571429	2,5	0,714285714	0,028571429
6	0,5	0,0225	8	0,666666667	0,03	0	0	0
6,5	0,65	0,0325	5	0,5	0,025	2	0,2	0,01
8,5	0,53125	0,02390625	8	0,5	0,0225	1	0,0625	0,0028125
21,5	0,565789474	0,022631579	28,5	0,75	0,03	6,5	0,171052632	0,006842105
0,5	0,5	0,01	0,5	0,5	0,01	0,5	0,5	0,01
		60%			48%			19%

Podnik 8	$\frac{n_{K8}}{n_{Kmax}}$	Celkový výpočet K8	Podnik 9	$\frac{n_{K9}}{n_{Kmax}}$	Celkový výpočet K9	Podnik 10	$\frac{n_{K10}}{n_{Kmax}}$	Celkový výpočet K10
Postupně implementujeme			Již máme implementovaný			Postupně implementujeme		
4	0,66666667	0,02	6	1	0,03	3,5	0,58333333	0,0175
-0,5	-0,33333333	-0,01333333	1,5	1	0,04	1,5	1	0,04
1,5	1	0,02	1	0,66666667	0,01333333	0,5	0,33333333	0,00666667
1	0,66666667	0,02666667	0,5	0,33333333	0,01333333	0,5	0,33333333	0,01333333
1	1	0,02	0	0	0	0,5	0,5	0,01
0,5	0,5	0,015	1	1	0,03	0,5	0,5	0,015
-0,5	-0,5	-0,01	0,5	0,5	0,01	0,5	0,5	0,01
0,5	0,5	0,01	0,5	0,5	0,01	0,5	0,5	0,01
-1	-0,33333333	-0,01	0	0	0	1	0,33333333	0,01
1,5	1	0,02	1	0,66666667	0,01333333	1	0,66666667	0,01333333
1	1	0,02	1	1	0,02	0,5	0,5	0,01
0,5	0,33333333	0,00666667	0,5	0,33333333	0,00666667	1	0,66666667	0,01333333
3,5	0,875	0,0175	1	0,25	0,005	3	0,75	0,015
2	0,18181818	0,00727272	2,5	0,22727272	0,00909090	5	0,45454545	0,01818181
2,5	0,625	0,01875	3	0,75	0,0225	3,5	0,875	0,02625
10,5	0,7	0,056	-1,5	-0,1	-0,008	11	0,73333333	0,05866667
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,5	0,33333333	0,01666667	1,5	1	0,05	1,5	1	0,05
1	1	0,03	1	1	0,03	0,5	0,5	0,015
0	0	0	1	0,66666667	0,02666667	1	0,66666667	0,02666667
1	1	0,04	1	1	0,04	-0,5	-0,5	-0,02
0	0	0	0	0	0	1	0,66666667	0,02666667
3	0,75	0,03	3	0,75	0,03	2	0,5	0,02
1	0,4	0,016	1,5	0,6	0,024	1,5	0,6	0,024
2,5	0,71428571	0,02857142	3	0,85714285	0,03428571	2	0,57142857	0,02285714
3,5	0,29166667	0,013125	7,5	0,625	0,028125	3	0,25	0,01125
3,5	0,35	0,0175	4,5	0,45	0,0225	4,5	0,45	0,0225
4,5	0,28125	0,01265625	11,5	0,71875	0,03234375	3,5	0,21875	0,00984375
14,5	0,38157894	0,01526315	19	0,5	0,02	22	0,57894736	0,02315789
0,5	0,5	0,01	0,5	0,5	0,01	0,5	0,5	0,01
		45%			56%			53%

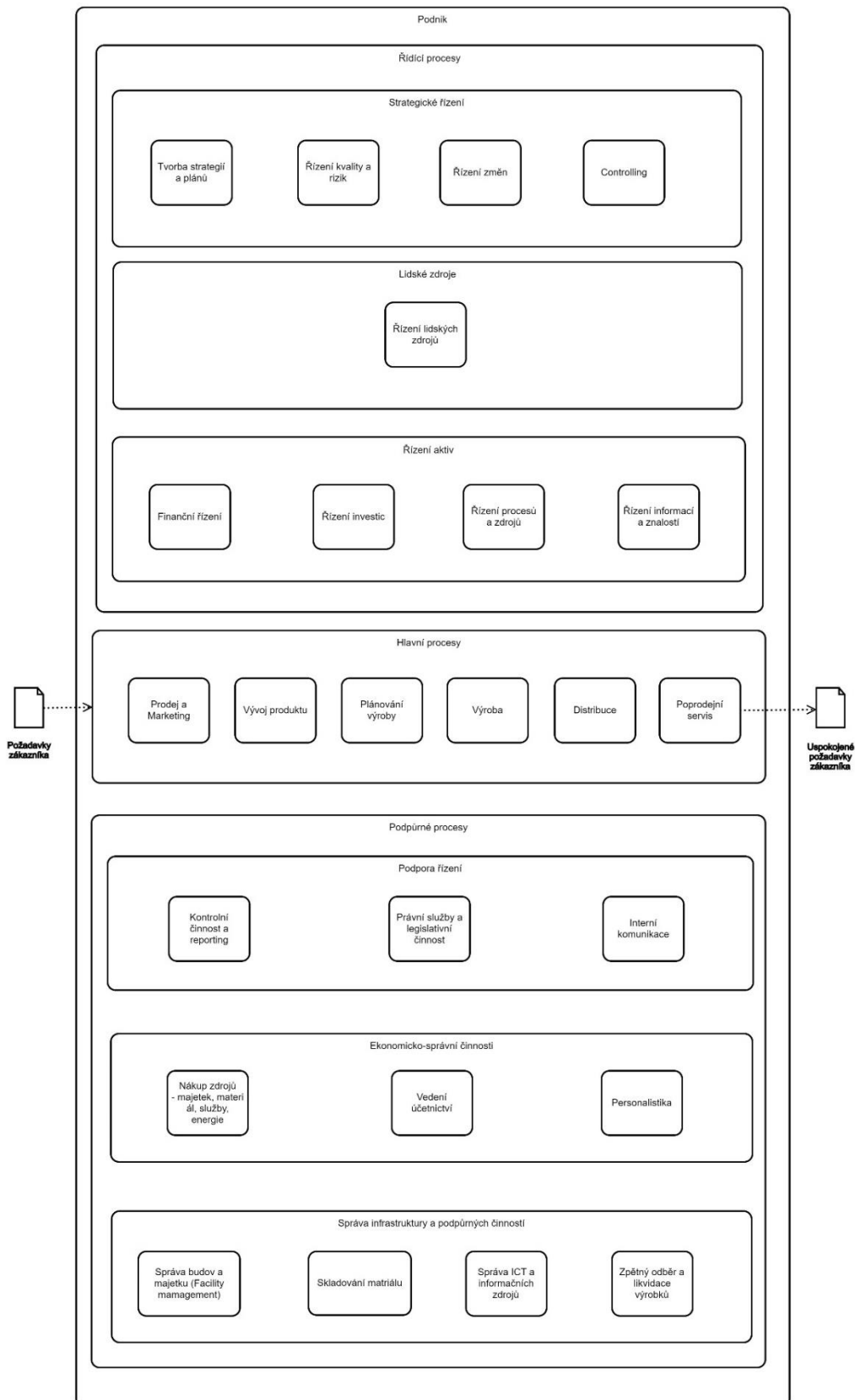
Podnik 11	$\frac{n_{K11}}{n_{Kmax}}$	Celkový výpočet K11	Podnik 12	$\frac{n_{K12}}{n_{Kmax}}$	Celkový výpočet K12	Podnik 13	$\frac{n_{K13}}{n_{Kmax}}$	Celkový výpočet K13
Implementaci plánujeme			Postupně implementujeme			Implementaci plánujeme		
5	0,833333333	0,025	5	0,833333333	0,025	6	1	0,03
1,5	1	0,04	1,5	1	0,04	0	0	0
1,5	1	0,02	1	0,666666667	0,013333333	0	0	0
0,5	0,333333333	0,013333333	0,5	0,333333333	0,013333333	-0,5	-0,333333333	-0,013333333
0,5	0,5	0,01	0	0	0	0,5	0,5	0,01
0	0	0	0,5	0,5	0,015	1	1	0,03
0,5	0,5	0,01	-0,5	-0,5	-0,01	-0,5	-0,5	-0,01
0,5	0,5	0,01	-0,5	-0,5	-0,01	-0,5	-0,5	-0,01
-3	-1	-0,03	-1	-0,333333333	-0,01	0	0	0
0,5	0,333333333	0,006666667	1,5	1	0,02	1,5	1	0,02
0	0	0	-0,5	-0,5	-0,01	0	0	0
1,5	1	0,02	0,5	0,333333333	0,006666667	0,5	0,333333333	0,006666667
2,5	0,625	0,0125	1,5	0,375	0,0075	1,5	0,375	0,0075
-1	-0,090909091	-0,003636364	-1,5	-0,136363636	-0,005454545	-1	-0,090909091	-0,003636364
2	0,5	0,015	2	0,5	0,015	2	0,5	0,015
3,5	0,233333333	0,018666667	5	0,333333333	0,026666667	2,5	0,166666667	0,013333333
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,5	1	0,05	1,5	1	0,05	1,5	1	0,05
1	1	0,03	0,5	0,5	0,015	1	1	0,03
1	0,666666667	0,026666667	0	0	0	1	0,666666667	0,026666667
1	1	0,04	1	1	0,04	1	1	0,04
0	0	0	1	0,666666667	0,026666667	1	0,666666667	0,026666667
1,5	0,375	0,015	2	0,5	0,02	2,5	0,625	0,025
1,5	0,6	0,024	1	0,4	0,016	1,5	0,6	0,024
2	0,571428571	0,022857143	3	0,857142857	0,034285714	2	0,571428571	0,022857143
3,5	0,291666667	0,013125	2,5	0,208333333	0,009375	6	0,5	0,0225
0,5	0,05	0,0025	1	0,1	0,005	5	0,5	0,025
6,5	0,40625	0,01828125	6	0,375	0,016875	10,5	0,65625	0,02953125
14	0,368421053	0,014736842	14,5	0,381578947	0,015263158	22,5	0,592105263	0,023684211
0,5	0,5	0,01	0,5	0,5	0,01	0,5	0,5	0,01
		43%			40%			45%

Podnik 14	$\frac{n_{K14}}{n_{Kmax}}$	Celkový výpočet K14	Podnik 15	$\frac{n_{K15}}{n_{Kmax}}$	Celkový výpočet K15	Podnik 16	$\frac{n_{K16}}{n_{Kmax}}$	Celkový výpočet K16
Implementaci plánujeme			Postupně implementujeme			Postupně implementujeme		
5	0,833333333	0,025	6	1	0,03	3	0,5	0,015
0,5	0,333333333	0,013333333	0	0	0	0	0	0
0,5	0,333333333	0,006666667	0,5	0,333333333	0,006666667	1	0,666666667	0,013333333
0,5	0,333333333	0,013333333	0,5	0,333333333	0,013333333	0,5	0,333333333	0,013333333
1	1	0,02	0,5	0,5	0,01	0	0	0
0	0	0	0,5	0,5	0,015	1	1	0,03
0,5	0,5	0,01	-0,5	-0,5	-0,01	1	1	0,02
-0,5	-0,5	-0,01	-0,5	-0,5	-0,01	0,5	0,5	0,01
0	0	0	-1	-0,333333333	-0,01	-3	-1	-0,03
1,5	1	0,02	1,5	1	0,02	0,5	0,333333333	0,006666667
-0,5	-0,5	-0,01	-0,5	-0,5	-0,01	0,5	0,5	0,01
0,5	0,333333333	0,006666667	1,5	1	0,02	1,5	1	0,02
2	0,5	0,01	2,5	0,625	0,0125	1,5	0,375	0,0075
3	0,272727273	0,010909091	8	0,727272727	0,029090909	-1	-0,090909091	-0,003636364
2,5	0,625	0,01875	2	0,5	0,015	1	0,25	0,0075
6	0,4	0,032	10	0,666666667	0,053333333	2	0,133333333	0,010666667
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,5	0,333333333	0,016666667	1,5	1	0,05	1,5	1	0,05
0	0	0	0,5	0,5	0,015	1	1	0,03
1	0,666666667	0,026666667	1	0,666666667	0,026666667	0	0	0
1	1	0,04	1	1	0,04	0,5	0,5	0,02
0	0	0	1,5	1	0,04	1,5	1	0,04
2	0,5	0,02	2,5	0,625	0,025	3,5	0,875	0,035
1,5	0,6	0,024	1,5	0,6	0,024	2	0,8	0,032
3	0,857142857	0,034285714	3,5	1	0,04	2	0,571428571	0,022857143
4,5	0,375	0,016875	4,5	0,375	0,016875	-3	-0,25	-0,01125
2,5	0,25	0,0125	4	0,4	0,02	-0,5	-0,05	-0,0025
4,5	0,28125	0,01265625	9	0,5625	0,0253125	0	0	0
25,5	0,671052632	0,026842105	24,5	0,644736842	0,025789474	13	0,342105263	0,013684211
0,5	0,5	0,01	1	1	0,02	0	0	0
		41%			55%			36%

Podnik 17	$\frac{n_{K17}}{n_{Kmax}}$	Celkový výpočet K17	Podnik 18	$\frac{n_{K18}}{n_{Kmax}}$	Celkový výpočet K18	Podnik 19	$\frac{n_{K19}}{n_{Kmax}}$	Celkový výpočet K19
Postupně implementujeme			Máme implementovaný			Máme implementovaný		
5,5	0,91666667	0,0275	6	1	0,03	6	1	0,03
1,5	1	0,04	0	0	0	1,5	1	0,04
1,5	1	0,02	0,5	0,33333333	0,00666667	1	0,66666667	0,01333333
0,5	0,33333333	0,01333333	0,5	0,33333333	0,01333333	1,5	1	0,04
0,5	0,5	0,01	0	0	0	2	2	0,04
-0,5	-0,5	-0,015	0	0	0	1	1	0,03
1	1	0,02	-0,5	-0,5	-0,01	1	1	0,02
1	1	0,02	-0,5	-0,5	-0,01	1	1	0,02
3	1	0,03	-2	-0,66666667	-0,02	2	0,66666667	0,02
1,5	1	0,02	1,5	1	0,02	1,5	1	0,02
0,5	0,5	0,01	0	0	0	1	1	0,02
1,5	1	0,02	1	0,66666667	0,01333333	1	0,66666667	0,01333333
2	0,5	0,01	2	0,5	0,01	1,5	0,375	0,0075
3,5	0,318181818	0,012727273	4	0,363636364	0,014545455	8,5	0,772727273	0,030909091
4	1	0,03	2,5	0,625	0,01875	0,5	0,125	0,00375
8	0,533333333	0,042666667	-5	-0,33333333	-0,026666667	13	0,866666667	0,069333333
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,5	1	0,05	1,5	1	0,05	1,5	1	0,05
1	1	0,03	0,5	0,5	0,015	1	1	0,03
1	0,66666667	0,026666667	1	0,66666667	0,026666667	1,5	1	0,04
0,5	0,5	0,02	-0,5	-0,5	-0,02	-0,5	-0,5	-0,02
1,5	1	0,04	-0,5	-0,33333333	-0,01333333	0	0	0
4	1	0,04	3	0,75	0,03	2,5	0,625	0,025
2	0,8	0,032	1,5	0,6	0,024	2	0,8	0,032
3	0,857142857	0,034285714	2	0,571428571	0,022857143	1,5	0,428571429	0,017142857
3	0,25	0,01125	3,5	0,291666667	0,013125	6	0,5	0,0225
1,5	0,15	0,0075	2,5	0,25	0,0125	5	0,5	0,025
4,5	0,28125	0,01265625	4	0,25	0,01125	8	0,5	0,0225
38	1	0,04	28,5	0,75	0,03	9,5	0,25	0,01
0,5	0,5	0,01	0,5	0,5	0,01	0,5	0,5	0,01
		67%			27%			68%

Podnik 20	$\frac{n_{K20}}{n_{Kmax}}$	Celkový výpočet K20	Podnik 21	$\frac{n_{K21}}{n_{Kmax}}$	Celkový výpočet K21	Podnik 22	$\frac{n_{K22}}{n_{Kmax}}$	Celkový výpočet K22
Ve fázi dokončování			Máme implementovaný			Ve fázi dokončování		
6	1	0,03	6	1	0,03	6	1	0,03
1,5	1	0,04	0	0	0	1,5	1	0,04
0	0	0	0,5	0,333333333	0,006666667	1,5	1	0,02
0,5	0,333333333	0,013333333	1,5	1	0,04	1,5	1	0,04
0,5	0,5	0,01	-1	-1	-0,02	2	2	0,04
1	1	0,03	0,5	0,5	0,015	1	1	0,03
-0,5	-0,5	-0,01	0,5	0,5	0,01	1	1	0,02
0,5	0,5	0,01	1	1	0,02	1	1	0,02
1	0,333333333	0,01	2	0,666666667	0,02	3	1	0,03
0,5	0,333333333	0,006666667	1,5	1	0,02	1,5	1	0,02
0	0	0	0,5	0,5	0,01	0	0	0
0,5	0,333333333	0,006666667	1	0,666666667	0,013333333	0,5	0,333333333	0,006666667
1,5	0,375	0,0075	1,5	0,375	0,0075	1,5	0,375	0,0075
6,5	0,590909091	0,023636364	5	0,454545455	0,018181818	5,5	0,5	0,02
4	1	0,03	2	0,5	0,015	4	1	0,03
6	0,4	0,032	5	0,333333333	0,026666667	10	0,666666667	0,053333333
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,5	1	0,05	1,5	1	0,05	1,5	1	0,05
1	1	0,03	1	1	0,03	1	1	0,03
1,5	1	0,04	-0,5	-0,333333333	-0,013333333	1	0,666666667	0,026666667
0,5	0,5	0,02	1	1	0,04	0,5	0,5	0,02
0	0	0	1,5	1	0,04	1,5	1	0,04
3,5	0,875	0,035	2	0,5	0,02	3	0,75	0,03
1,5	0,6	0,024	1	0,4	0,016	0,5	0,2	0,008
3,5	1	0,04	0,5	0,142857143	0,005714286	3,5	1	0,04
6	0,5	0,0225	5,5	0,458333333	0,020625	9	0,75	0,03375
4	0,4	0,02	1,5	0,15	0,0075	8	0,8	0,04
9	0,5625	0,0253125	6,5	0,40625	0,01828125	12	0,75	0,03375
28,5	0,75	0,03	18,5	0,486842105	0,019473684	28,5	0,75	0,03
0,5	0,5	0,01	0,5	0,5	0,01	0,5	0,5	0,01
		59%			50%			80%

Příloha G – Procesní mapa „běžného současného podniku“



Příloha H – Procesní mapa „chytré továrny“

