

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Ekonomická fakulta
Katedra řízení

Disertační práce

Řízení podniků v podmínkách Industry 4.0 se
zaměřením na potravinářský průmysl

Vypracoval: Ing. Jiří Bednář
Vedoucí práce: doc. Ing. Ladislav Rolínek, Ph.D.

České Budějovice 2024

Prohlášení

Prohlašuji, že svou disertační práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své disertační práce, a to – v nezkrácené podobě – elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 16. 10. 2024

.....
Ing. Jiří Bednář

Poděkování

Rád bych na tomto místě poděkoval vedoucímu práce doc. Ing. Ladislavu Rolínkovi, Ph.D. za odborné vedení a rady při zpracování disertační práce, za poskytnutí možnosti zapojení se do vědecké, projektové a pedagogické činnosti během doktorského studia. Dále bych rád poděkoval všem členům Katedry řízení, zejména pak doc. Ing. Petru Řehořovi, Ph.D., doc. Ing. Jaroslavu Vrchotovi, Ph.D. a také Ing. Martinu Pechovi, Ph.D.

Obsah

Abstrakt	9
Úvod	11
1 Literární přehled.....	13
1.1 Řízení	13
1.1.1 Historie řízení	13
1.1.2 Agilní řízení.....	18
1.2 Průmysl 4.0.....	22
1.2.1 Historický vývoj	22
1.2.2 Vymezení pojmů	24
1.2.3 Bariéry a rizika implementace.....	26
1.2.4 Výhody Průmyslu 4.0.....	29
1.3 Technologie Průmyslu 4.0.....	31
1.3.1 IoT	31
1.3.2 Velká data.....	33
1.3.3 Aditivní výroba	36
1.3.4 AI.....	38
1.3.5 Další prvky Průmyslu 4.0.....	40
1.4 Udržitelnost a Průmysl 4.0	43
1.5 Modely připravenosti, dimenze	45
1.6 Potravinářský průmysl z hlediska Průmyslu 4.0	48
1.7 Stav inovačního prostředí.....	49
1.7.1 Předpoklady lidských zdrojů.....	53
1.8 Mezera výzkumu	61
2 Metodologie	64
2.1 Cíl.....	64
2.2 Zdroj dat	65
2.3 Design výzkumu.....	66
3 Vlastní práce	69
3.1 Dimenze: Strategie	69
3.1.1 Shrnutí kapitoly	78
3.2 Dimenze: Technologie	80
3.2.1 Shrnutí kapitoly	84
3.3 Dimenze: Zákazníci.....	85
3.3.1 Shrnutí kapitoly	92
3.4 Dimenze: Zaměstnanci	94

3.4.1	Shrnutí kapitoly	101
3.5	Dimenze: Leadership	102
3.5.1	Shrnutí kapitoly	108
3.6	Dimenze: Kultura.....	110
3.6.1	Shrnutí kapitoly	115
3.7	Dimenze: Produkt	116
3.7.1	Shrnutí kapitoly	121
3.8	Index připravenosti	122
3.8.1	Shrnutí kapitoly	129
4	Diskuse	131
4.1	Budoucí vývoj.....	137
5	Přínosy práce, omezení a implikace výzkumu	139
6	Závěr.....	141
	Přílohy.....	143
	Znění dotazníku.....	143
	Případové studie	144
	Seznam grafů a tabulek.....	151
	Literatura.....	153

Abstrakt

Disertační práce se zaměřuje na řízení podniků v podmínkách Industry 4.0 se zaměřením na potravinářský průmysl. Průmysl 4.0 představuje zásadní přelom v oblasti výrobních procesů, který kombinuje digitalizaci, automatizaci a inovativní technologie, jako jsou internet věcí (IoT), velká data či umělá inteligence. Cílem této práce bylo analyzovat připravenost podniků na tyto změny a identifikovat klíčové faktory, které tuto připravenost ovlivňují.

Metodologicky byl použit kvantitativní výzkum založený na dotazníkovém šetření mezi potravinářskými podniky v České republice, data byly získány od 102 podniků. Dotazník zahrnoval otázky týkající se technologické vybavenosti, znalostí zaměstnanců, kultury a podpory ze strany vedení. Data byla analyzována prostřednictvím statistických metod, a to s využitím Pearsonovy a Spearmanovy korelace, analýzy hlavních komponent, pro zkoumání rozdílů mezi dvěma nezávislými skupinami se využívá Mann-Whitney U test a také shluková analýza.

Hlavními přínosem této práce je vytvoření indexu připravenosti mezi potravinářskými podniky. Dále například identifikace klíčových bariér, mezi něž patří zejména nedostatek finančních zdrojů. Výsledky ukazují, že větší podniky mají výrazně lepší technologickou vybavenost a jsou lépe připraveny na implementaci Průmyslu 4.0 než malé a střední podniky. Práce také ukázala význam podpory ze strany vedení, které je klíčovým faktorem pro úspěšnou implementaci nových technologií.

Omezení výzkumu spočívají zejména v omezeném vzorku respondentů a geografickém zaměření pouze na Českou republiku. Další výzkum by mohl zahrnovat srovnání mezi různými průmyslovými odvětvími či mezi různými zeměmi.

Klíčová slova: Průmysl 4.0, potravinářský průmysl, digitalizace, automatizace, inovace

Abstract

The dissertation focuses on business management in the conditions of Industry 4.0, with an emphasis on the food industry. Industry 4.0 represents a fundamental shift in manufacturing processes, combining digitalization, automation, and innovative technologies such as the Internet of Things (IoT), big data, and artificial intelligence. The aim of this work was to analyze the readiness of businesses for these changes and identify the key factors that influence this readiness.

Methodologically, a quantitative research approach was used, based on a survey conducted among food enterprises in the Czech Republic, with data obtained from 102 businesses. The questionnaire included questions regarding technological capabilities, employee knowledge, culture, and support from management. The data were analyzed using statistical methods, utilizing Pearson and Spearman correlation, principal component analysis, the Mann-Whitney U test for examining differences between two independent groups, and cluster analysis.

The main contribution of this work is the development of a readiness index for food industry companies. Furthermore, the study identifies key barriers, notably the lack of financial resources. The results indicate that larger companies have significantly better technological infrastructure and are better prepared for the implementation of Industry 4.0 compared to small and medium-sized enterprises. The research also highlighted the importance of management support, which is a crucial factor for the successful implementation of new technologies.

The limitations of the research lie primarily in the limited sample size and the geographic focus solely on the Czech Republic. Future research could include comparisons across different industrial sectors or between countries.

Keywords: Industry 4.0, food industry, digitization, automation, innovation.

Úvod

Vyspělé ekonomiky světa jsou v dnešní době nedílnou součástí globalizovaného světa. Podniky se nacházejí ve vysoce konkurenčním prostředí, ve kterém vzdělání a technologický pokrok tvoří dohromady jak konkurenční výhodu, tak jsou zdrojem ekonomického růstu. Právě v době globalizace se práce i zboží stávají volně obchodovatelnou komoditou a znalosti tvoří základ konkurenční výhody. Podpora vzdělávání, vědy a výzkumu, celoživotní učení či rozvoj technologií tvoří základ možností, jak zajistit potřebné zdroje a pokud možno dosahovat ekonomického růstu. Lidský kapitál je hlavním zdrojem nové průmyslové revoluce, podobně jako technologický základ podniků. Klíčovým faktorem pro úspěch v konkurenčním prostředí je schopnost organizací využít své znalosti a inovační potenciál.

Průmysl 4.0 je důležitým konceptem posledních let, který přináší novou éru v průmyslové výrobě. Z pohledu společenských změn a světové ekonomiky sehrávají nové průmyslové technologie klíčovou roli a jsou důležitým faktorem ekonomické výkonnosti. Vyspělá struktura informačních systémů a technologií je podmínkou pro moderní efektivní řízení. Změny, které se vážou ke změně paradigmatu, a to přechod od industriální ke znalostní společnosti, zasahují do všech důležitých aspektů fungování podniků. Průmysl 4.0 je založen na propojení digitálních technologií, automatizace, internetu věcí a umělé inteligence, které společně transformují způsob, jakým organizace vyrábějí a poskytují produkty a služby. Technologie průmyslu 4.0 otevírají nové možnosti a výzvy pro organizace, které usilují o zlepšení své konkurenceschopnosti a efektivity.

Aktuálnost této problematiky spočívá ve stále intenzivnější digitalizaci a automatizaci procesů, které jsou základem moderního průmyslu. Potravinářský průmysl, jako jedno z klíčových odvětví, čelí rostoucím tlakům na efektivitu, kvalitu a bezpečnost, přičemž využívání technologií Průmyslu 4.0 je nezbytné pro jeho další rozvoj a dlouhodobou konkurenceschopnost. Schopnost podniků adaptovat se na tyto změny je rozhodující nejen pro jejich vlastní úspěch, ale i pro celkovou ekonomickou stabilitu.

Vedle technologických inovací se významně zvyšuje důraz na environmentální, sociální a správní (ESG) aspekty podnikání. Podniky se stále více zaměřují na udržitelnost, etické zásady a společenskou odpovědnost. ESG management se stává nedílnou součástí strategií organizací a klíčovým faktorem pro jejich dlouhodobou udržitelnost a úspěch.

Potravinářský průmysl v České republice, jako jedno z klíčových odvětví ekonomiky, čelí rostoucím požadavkům na efektivitu, inovace a udržitelnost. Implementace Průmyslu 4.0 přináší podnikům v tomto sektoru nové možnosti pro zvyšování konkurenceschopnosti, zlepšení provozní efektivity a optimalizaci procesů. Výzkum implementace Průmyslu 4.0 v potravinářském průmyslu má několik specifík – kontrola kvality a bezpečnost potravin, variabilita surovin, sezónnost, velikost podniků. Celkově lze říci, že ačkoli jsou základní principy Průmyslu 4.0 napříč sektory podobné, potravinářský průmysl má své specifické výzvy a požadavky. Výše uvedené důvody dávají prostor pro výzkum corporate governance v podmínkách Průmyslu 4.0 se zaměřením na potravinářský průmysl. Hlavním cílem disertační práce je navrhnout metodický postup k hodnocení připravenosti podniků v ČR na Průmysl 4.0 se zaměřením na potravinářský průmysl. Zdrojem dat disertační práce je výzkum realizován v rámci GAJU 065/2021/S.

1 Literární přehled

1.1 Řízení

Keřkovský a Vykypěl (2006) uvádějí, že management je nejdůležitější součástí každého podniku. Žádný podnik nemůže dosáhnout svých cílů bez správného řízení a je tedy považován za jádro každé organizace, přičemž úspěch podniků v soudobém tržním prostředí závisí na včasné předvídání příležitostí na trhu a včasné řešení potenciálních problémů. Dále popisují obecné vývojové trendy jako například globalizace, internacionalizace, intelektualizace, ekologizace atp. Všudypřítomné, rušivé a zrychlující se změny jsou každodenním jevem, který zažíváme nejen v průmyslových odvětvích, ale také v naší společnosti. Velice často tak vstupujeme do světa, který je naprosto odlišný od světa, který jsme znali, a právě nyní musejí být lidé a podniky efektivní na mnoha úrovních, přičemž tato efektivita není volitelná – je předpokladem pro vstup do nové doby.

1.1.1 Historie řízení

Podle Vebera (2009) je zřejmé, že stavby Velké čínské zdi nebo egyptských pyramid vyžadovaly nasazení miliónů dělníků a jejich práce vyžadovala dokonalou koordinaci a další činnosti, které bychom dnes označili za manažerské funkce a mohli bychom i tato období dějin zasadit do historického vývoje managementu, avšak s ohledem na téma práce budou diskutována čtyři základní vývojová období managementu dle uvedeného autora.

Klasická škola

Klasická škola managementu reprezentovaná především Fayolem (1916), Urwickem (1947) nebo Taylorem (1911) věřila v řád, kontrolu a formálnost. Kladla důraz na formální strukturu organizace práce a přijetí zásad a principů, které jsou v souladu s řídicí funkcí. Podniky minimalizují nekontrolovatelné neformální vztahy a nechávají prostor pouze vztahům formálním Armstrong (2007). V klasickém modelu tvoří vrcholový management představenstvo a generální ředitel a jsou zodpovědní za vypracování dlouhodobých strategických plánů pro naplnění cílů společnosti. Střední management je zodpovědný za koordinaci činností nadřazených a za formulaci politiky v souladu se strategickými plány. Linioví manažeři – manažeři první linie, kteří dohlíží na každodenní činnosti (Mahmood a kol. 2012).

Cílem této teorie bylo dle Jedináka (2012) především zvýšit efektivitu podniků prostřednictvím jejich organizace a vědecky podložených obecných principů řízení. Henri Fayol definoval základní manažerské funkce, které jsou relevantní i v novějších teoriích. Pod pojmem manažerské funkce si lze představit typické činnosti, které manažer v podniku vykonává, tj. plánování, organizování, přikazování, koordinace a kontrola. Autor dále rozvíjí manažerské funkce a dělí je do dvou skupin, a to na postupné (sekvenční) a průběžné (paralelní). Mezi postupné manažerské funkce lze zařadit:

1. Plánování, jehož cílem je stanovit cíle podniku a také postupy, jak těchto cílů dosáhnout.
2. Organizování, tedy zabezpečení potřebných zdrojů pro nastavené cíle.
3. Řízení lidských zdrojů, které zabezpečuje činnosti spojené s pracovníky.
4. Kontrolu, tedy sledování a vyhodnocování všech činností v podniku.

Mezi průběžné řadíme činnosti, které se vážou na rozhodování. Základem je tedy rozhodovací proces:

1. Analýza, jejíž podstatou je získání podkladů pro rozhodování.
2. Rozhodování, proces výběru z variant, které vedou k naplnění cílů.
3. Implementace, tedy výkon rozhodnutí.

Klasická teorie managementu se podle Araújo a kol. (2014) vyznačuje vysoce preskriptivním a normativním zaměřením. Fayolovo přispěvek do teorie managementu lze označit jako výchozí, který vytvořil základ pro další teorie managementu.

40. – 70. léta 20. století

Uvedené období historie managementu nabídlo podle Donnelly a kol. (1997) více různých názorových proudů, byť jejich počátky lze řadit do období klasického managementu. V této etapě se objevují sociální, procesní, systémové nebo empirické přístupy.

Společným rysem sociálních přístupů je podle Vebera (2009) hledání úlohy zaměstnance v podniku a jeho postavení. Nalézáme významný rozdíl v porovnání s klasickou teorií, kde byla hlavní motivací výkonová norma a úkolová mzda. Hlavním uvědoměním manažerů je skutečnost, že zaměstnanec má na rozdíl od stroje názory, předsudky a pocity, které ovlivňují jeho chování. Pozornost je také věnována

mezilidským vztahům a vlivu skupiny. Typickými představiteli těchto teorií jsou Vilfredo Pareto, Elton Mayo či Douglas McGregor.

Naposledy zmíněný Douglas McGregor vytvořil v 50. letech pyramidální strukturu potřeb. Která vychází z uspokojování jednotlivých úrovní potřeb. Pětistupňový model je dodnes považován za platný (Horská, 2009).

V tomto období vznikají také dvě nové a zásadní disciplíny managementu – strategický a procesní management. Strategický management lze chápat jako sled manažerských a organizačních kroků používaných k dosažení podnikových cílů. Strategie podniku je pak cesta, jak dosáhnout podnikových cílů (Zuzák, 2012). Dedouchová (2001) rozvíjí definice strategie, chápe ji jako *„připravenost podniku na budoucnost. Ve strategii jsou stanoveny dlouhodobé cíle podniku, průběh jednotlivých strategických operací a rozmístění podnikových zdrojů nezbytných pro splnění daných cílů tak, aby tato strategie vycházela z potřeb podniku, přihlížela ke změnám jeho zdrojů a schopností a současně odpovídajícím způsobem reagovala na změny v okolí podniku“*. Strategické řízení má řadu specifíků, které se vyznačují tím, že:

1. Vývoj faktorů vnějšího prostředí je nepředvídatelný,
2. opakování jevů je výjimečné, převládá turbulentní prostředí,
3. doba mezi strategickým rozhodnutím a efektem tohoto rozhodnutí trvá i několik let,
4. v ekonomických systémech existují zpětné vazby,
5. ekonomický efekt strategického rozhodnutí se projevuje rozdílně v krátkodobém a dlouhodobém horizontu.

Procesní management, resp. Business Process Management (BPM) je zvláštním oborem z několika důvodů. Jedná se o průsečík mnoha odlišných oborů – manažerům přináší prokazatelnou schopnost zvyšovat výkonnost podniku. Průmysloví inženýři spatřují v procesním managementu příležitost, jak aplikovat osvědčené techniky optimalizace výroby v kontextu organizací, které poskytují služby spíše než fyzické produkty. A konečně, specialisté na informační technologie oceňují skutečnost, že jim BPM poskytuje společný jazyk pro komunikaci se zainteresovanými stranami z oblasti podnikání (Dumas a kol. 2013).

Definici procesního managementu uvádějí Váchal, Vochozka a kol. (2013) jako identifikaci, měření, vizualizaci, hodnocení a neustálé zlepšování podnikových procesů, které jsou založeny na procesním přístupu a zajišťují výkonnost podniku. Procesní řízení je produktivní disciplínou a podniky, které se řídí jeho pravidly mají konkurenční výhodu oproti jiným společnostem.

Management na přelomu století

V posledních desetiletích došlo ve světovém společenském a také hospodářském vývoji k řadě změn. Tyto změny byly natolik univerzální, že se dotýkají podniků všech velikostí a regionů světa. Jak uvádějí Švecová a Veber (2021) u celé řady produktů dochází k převaze nabídky nad poptávkou, to mělo za následek především rozšíření marketingových aktivit podniků. Jinak řečeno skončila éra trhu výrobce, který se sám rozhodoval a plánoval jaké produkty bude vyrábět a také za jakou cenu. Namísto toho je na prvním místě zákazník. V tomto období se také stále častěji začíná hovořit o managementu znalostí, znalostní ekonomice a sdílení znalostí.

Dalším rezonujícím pojmem je podle Ritzera (2008) globalizace. Pod pojem globalizace se skrývá řada různých témat, jako např. globální správa věcí veřejných, globální občanství, lidská práva, migrace, nadnárodní vazby různého druhu a tak dále. Tento obecný pohled na globalizaci vycházel z jiných předpokladů. V pozadí vzniku teorie globalizace stálo jednoduché zjištění, a to že svět se stále více stává "jedním místem", je propojený. Stiglitz (2017) poukazuje na standardní ekonomické modely, které předpokládají na trzích dokonalou konkurenci. Teorie mnoha malých výrobců se tak s globalizačními procesy doslova rozpadá, neboť značnou část obchodu v globalizovaném světě realizují korporátní společnosti, které svou velikostí tržní silou převyšují menší podniky.

McBride a Wiseman (2000) popisují globalizaci jako výsledek rozporu mezi neustálým růstem výrobní síly kapitálu a odpovídajícími národními společenskými a politickými vztahy, rozporu, který se projevil vzájemným zničením a vyčerpáním kapitálu za druhé světové války. Před začátkem nového století bylo v důsledku proměny výrobních prostředků nutné dokončit skutečný globální režim akumulace, aby se kapitál na této úrovni mohl sám vytvářet. Právě v této době začal dvojí proces, který je navenek považován za fenomén globalizace. Podle Stegera (2010) lze globalizaci popsat jako proces (nebo soubor procesů), který ztělesňuje proměnu prostorové organizace sociálních

vztahů a transakcí, hodnocenou z hlediska jejich extenze, intenzity, rychlosti a dopadu a který vytváří transkontinentální nebo meziregionální vztahy, toky a sítě aktivit, interakcí a výkonu moci. Burlacu, Gutu a Matei (2018) popsali hlavní přínosy a možná negativa globalizovaného světa. Mezi pozitivní faktory globalizace řadí:

- Snížení pocitu izolace chudých zemí.
- Rozšiřování informační společnosti a zlepšování přístupu k informacím.
- Zvýšení rychlosti obchodních, finančních a technologických operací.
- Globalizace může být faktorem integrace lidí do světového společenství.
- Efektivita celé hospodářské činnosti na celoplanetární úrovni.

Jako negativa pak uvádí:

- Bezpečnostní deficit, chudoba, osobní nejistota, migrace, jež se mění v globální hrozbu.
- Neexistující národní řešení nadnárodních problémů.
- Demografický deficit – zužuje se národní intelektuální potenciál a zvyšuje vývoz lidských zdrojů.
- Ekologický deficit, příroda se rychle zhoršuje v souladu s růstem národní a globální ekonomiky.
- Snižování počtu pracovních míst.

Globalizace, zejména ekonomická globalizace, posílila mnoho aspektů lidského života, blahobytu, včetně životní úrovně a větších možností komunikace. Přesto se neustále ukazuje, že není schopna řešit nejtěžší rysy globální nerovnosti a nespravedlnosti.

Řada příčin globální nerovnosti má podle Holtona (2005) méně společného s ekonomickou globalizací, ale spíše s bohatými zeměmi, protekcionismem a místními příčinami nerovnosti, nespravedlnosti a korupce. To opět naznačuje, že izolacionismus je pochybným řešením – politickou volbou. Přesto bychom našli stejně silné argumenty jako u důkladných zastánců ekonomické globalizace.

Na přelomu století se podle Vebera (2009) stále intenzivněji začalo diskutovat o potřebě ochrany životního prostředí a aktuálně patří k celosvětovým problémům. Již na

přelomu století bylo zřejmé, že jakýkoliv společenský rozvoj má zpravidla negativní dopad na životní prostředí – tomu přispívá výše popsaná globalizace. Řada podnikových aktivit, které mají lokální či národní dopad se liší od dopadů na životní prostředí, neboť emise, znečištění vodních toků nerespektují národní hranice. Požadavky na společenskou odpovědnost nejen podniků dali vzniknout dnes již ustálenému pojmu CSR (Corporate social responsibility). Většina podniků dnes již dlouho uplatňuje určitou formu společenské a environmentální odpovědnosti s obecným cílem přispívat k blahu komunit a společnosti, které ovlivňují a na kterých jsou závislé. Rangan a kol. (2015) uvádějí že, se zvyšuje tlak na to, aby se ze společenské odpovědnosti podniků stala obchodní disciplína, a aby každá iniciativa přinášela obchodní výsledky. To od CSR vyžaduje příliš mnoho a odvádí pozornost od toho, co musí být jejím hlavním cílem: sladit sociální a environmentální aktivity podniků s jejich podnikatelským záměrem a hodnotami. Pokud tím aktivity CSR zmírňují rizika, zlepšují pověst a přispívají k obchodním výsledkům, je to ku prospěchu podniků. Pro mnoho programů CSR by však tyto výsledky měly být vedlejším efektem, nikoli důvodem jejich existence.

1.1.2 Agilní řízení

Jak uvádějí Kok a van den Heuvel (2019) - nacházíme se v nejrychleji a nejdynamičtěji měnících se dobách v historii. Žijeme uprostřed digitální a znalostní revoluce, znalostní ekonomiky, jejímž nejvýznamnějším symbolem globální propojení jako nikdy předtím, ale v jistém smyslu také významným způsobem odpojení. Charakter změn prostředí se netýká výhradně podniků, ale i politiky a vojenských věd, kde vznikl termín "VUCA" (Volatillity, Uncertainty, Complexity, Ambiguity). VUCA vysvětluje novou situaci jako světový řád, kde jsou hrozby rozptýlené a nejisté, kde je konflikt neodmyslitelný, ale nepředvídatelný a kde naše schopnost bránit a prosazovat národní zájmy může být omezena nedostatkem materiálních a personálních zdrojů. Stručně řečeno, jde o prostředí, které se vyznačuje nestálostí, nejistotou, složitostí a nejednoznačností (Mack a kol. 2016). Krawczyńska a Zaucha (2019) detailněji popisují svět VUCA:

1. Nejednoznačnost, situaci lze označit za nejednoznačnou, pokud není k dispozici dostatek údajů, na jejichž základě by bylo možné předpovědět, že daný postup bude efektivní. Přestože je situace dobře pochopitelná – vzhledem k její volatilite je náročné určit směr změny, její rozsah a výsledek. Neustálé změny, překvapivé

zvraty, nepředvídatelné výsledky – to jsou základní charakteristiky proměnlivé reality.

2. Druhá charakteristika světa VUCA, nejistota, je důsledkem potíží s interpretací událostí a situací, kterým podniky v daném okamžiku čelí. Příčina události i její důsledky mohou být předvídatelné, přesto není možné předpovědět, jak ovlivní budoucnost podniku nebo zda budou natolik významné, aby vyžadovaly okamžitou reakci/aktivní investici do příslušných zdrojů. Je obtížné nabízet jakákoli konkrétní řešení, neboť není jasné, které z nich může být nejúčinnější a za jakých okolností.
3. Složitost, která se týká pohledu na svět optikou nutnosti analyzovat nekonečné množství dat. Lidé se přirozeně snaží rozdělit ohromující celek na jeho zvládnutelnější, jednotlivé části, které pak mohou zpracovat a pochopit. Takové rozdělení a zaměření se na analýzu jednotlivých částí však může vést k situacím, kdy některé části nebyly řádně zváženy. Celý obraz se tak může stát rozmazaným nebo dokonce zcela zastřeným. Zaměření na jednotlivé prvky se proto často stává překážkou správné interpretace celku. Součástí lidské přirozenosti však je, že dáváme přednost tomu, co je známé a bezpečné, před nepředvídatelným a neznámým. Podstatou světa VUCA je množství propojených částí, které vytvářejí síť informací, postupů a činností.
4. Poslední složka světa VUCA – nejednoznačnost, jež přímo souvisí s rostoucím množstvím inovativních řešení – v technologiích, strategiích řízení a ve společnosti obecně. Moudrost předchozích generací byla založena na znalostech shromažďovaných a předávaných napříč generacemi. V dnešní době je učení založeno na opačném paradigmatu – mladí učí starší lidi, jak najít své místo a fungovat v dnešním světě, současnost tak předčila i ty nejextrémnější předpovědi. Ve světě VUCA je neznalost pravidel hry zásadní a často absolutní. Pokusy čelit realitě dnešního světa pomocí moudrosti předchozích generací mohou být nejen nevhodné, ale i nebezpečné.

Mohanta a kol. (2020) popisují vztah mezi světem VUCA a Průmyslem 4.0. Technologie podporující Průmysl 4.0, jako je inteligentní výroba, komunikace mezi stroji, IOT, analýza velkých objemů dat či cloud computing, představují významné změny. Kvalitativní i kvantitativní změny v rámci rozsáhlého socioekonomického a

technologického ekosystému. Navzdory všem předpokládaným přínosům je třeba poznamenat, že transformace celého současného průmyslového ekosystému v rámci Průmyslu 4.0 představuje jednu z nejvýznamnějších výzev a rizik v oblasti řízení změn. Rychlý růst industrializace a zavádění nových technologií do podnikatelského prostředí vedly k vysokým rizikovým faktorům v každém podniku a sloučení těchto rizik lze lépe popsat jako svět VUCA. Akkaya a kol. (2022) dále uvádějí, že jedním z klíčových dopadů Průmyslu 4.0 na situaci VUCA ve světě je, že díky technologiím Průmyslu 4.0 se budou stírat hranice mezi digitálním a fyzickým světem. Potlačení hranic povede k vytvoření nového sociálně-technologického prostoru, který bude pro manažery vysoce dynamický, složitý, ve smyslu jednání a vedení.

Z dostupných zdrojů je zřejmé, že popis světa VUCA je odlišný od pojmu globalizace. Možnou odpovědí na dynamické prostředí, ve kterém se podniky nacházejí, přichází v roce 2001 v podobě Agile Manifesto – manifest Agilního vývoje software. Jak uvádějí Cohen a Costa (2004), tradiční metody řízení mohou začít působit potíže v době, kdy je míra změn ještě relativně nízká, protože programátoři, business architekti a manažeři se musí neustále setkávat a udržovat velké množství dokumentace, aby se přizpůsobila i malým změnám. Předpokládalo se, že vodopádový model vyřeší problém se změnou požadavků jednou provždy tím, že zmrazí požadavky.

V roce 2001 se uskutečnilo setkání softwarových vývojářů a výsledkem jejich setkání byl tzv. Manifest pro agilní vývoj softwaru. Agile je založen na 4 hodnotách:

1. Jednotlivci a interakce před procesy a nástroji
2. Fungující software před vyčerpávající dokumentací
3. Spolupráce se zákazníkem před vyjednáváním o smlouvě
4. Reagování na změny před dodržením plánu (Beck, 2001)

Do nového tisíciletí vstupují podle Doležala (2022) nejúspěšnější firmy světa s nálepkou agility. Názory a myšlenky obsažené v Agilním manifestu rezonovali nejen světem softwaru. Vzniká celá řada nových pojmů, přístupů a technik, které podporují agilní způsob práce. Mezi ty nejzásadnější lze zařadit Agile Testing, Backlogs, Sprint, Cross-funkční tým, Stand-up, Scrum a mnoho dalších. Pokud bychom zasadili Agile do podmínek Průmyslu 4.0, pak lze konstatovat, že nabízí podnikům v různých průmyslových odvětvích příležitosti ke zlepšení jejich výkonnosti. Průmysl 4.0 zvyšuje schopnost podniků škálovat svou výkonnost na základě trojího efektu, který zahrnuje

sociální, ekonomické a ekologické aspekty. Zároveň však představuje výzvu pro řízení změn ve stávající organizační kultuře, ekosystému, dodavatelských a hodnotových řetězcích. Princip agilního řízení, nástroje a techniky mohou hrát významnou roli při zmírňování výzev a příležitostí, které Průmysl 4.0 přináší. Jak již bylo uvedeno dříve, organizace musí nově nastavit svou kulturu, dodavatelský a hodnotový řetězec, aby mohly přijmout technologie Průmyslu 4.0 (Mrugalska a Ahmed, 2021). Agilní řízení je pro organizace jedinou cestou, jak přenastavit svou kulturu, dodavatelský a hodnotový řetězec tak, aby přijaly technologie Průmyslu 4.0. Technologie, jako je analýza velkých objemů dat, cloud computing, IOT, senzory a inteligentní aplikace, mohou dále zvýšit výkonnost cross-funkčních týmů pracujících na různých produktech. Lze tedy konstatovat, že agilní strategie řízení je pro podniky nejvhodnější tak, aby se lépe připravily na Průmysl 4.0 a dynamiku nového podnikatelského prostředí (Akkaya a kol. 2022).

1.2 Průmysl 4.0

1.2.1 Historický vývoj

Podle Yin a kol. (2018) je dvacáté a jednadvacáté století věkem průmyslu. Snaha podniků nalézt rovnováhu mezi nabídkou a poptávkou je motivem průmyslových revolucí. Morya a Shankar (2020) uvádějí, že první průmyslová revoluce se nesla ve znamení zavedení strojů do výroby, a to na konci 18. století ve Velké Británii. V této době byla nahrazena ruční výroba stroji, jež byli poháněny vodní párou. Výrobky, které se běžně vyráběli na kolovratech, dosáhla mechanizovaná verze osminásobného objemu za stejnou dobu. Průmyslová revoluce nejprve rozvinula odvětví jako textilní výroba, železářství, parní energie, obráběcí stroje, chemie, cementářství, sklářství, zemědělství, papírenský průmysl, doprava, těžba, (průplavy a zdokonalené vodní cesty, železnice, silnice, železnice) a další.

Podle Lamoreaux a kol. (2006) druhá průmyslová revoluce označuje období industrializace od konce 19. století do počátku 20. století. Hlavním těžištěm revoluce je sériová výroba s ohledem na vývoj obráběcích strojů. Druhá průmyslová revoluce přijímá nové technologie jako je elektrická energie, telefony, spalovací motory, železniční síť, telegraf, kanalizace a vodovod. Průmyslové technologie se rozvíjejí v různých odvětvích, - elektrifikace, ocelářství, železnice, obráběcí stroje, výroba papíru, chemický průmysl, ropný průmysl, gumárenství, jízdní kola, automobilový průmysl, aplikovaná věda, hnojiva, telekomunikace, motory, turbíny a další. dále uvádí, že například americká ekonomika profitovala z právního, ekonomického a kulturního prostředí, které silně podporovalo technologické inovace. Přesto však v průběhu času došlo k podstatným změnám ve způsobu, jakým byly nové technologické nápady vytvářeny a využívány. Ačkoli na počátku devatenáctého století převládala praxe, kdy vynálezci své nápady komercializovali sami, v průběhu dvou čtvrtin devatenáctého století se objevila rostoucí dělba práce mezi těmi, kdo vynalézali, a těmi, kdo vynálezy komerčně využívali. Většina nových vynálezů v tomto období se týkala mechanických technologií, a v důsledku toho bylo množství kapitálu a formálního vzdělání, které vynálezce potřeboval k založení obchodu, relativně nízké. Inovativní firmy dychtivě usilovaly o patentová práva na špičkové technologie a mnoho kreativních jednotlivců se naučilo žít se jako nezávislí vynálezci prodejem svého duševního vlastnictví na trhu. Koncem století však vědecky náročnější technologie spojené s druhou průmyslovou revolucí výrazně zvýšily kapitálové požadavky (lidské i fyzické) na efektivní vynálezy a pro vynálezce bylo stále

obtížnější udržet si nezávislost. Roberts (2015) dodává k prvním dvěma průmyslovým revolucím následující – průmyslové revoluce měly zásadní vliv na způsob výroby, na místo, kde žijeme, a na náš pokrok směrem ke spravedlivější a prosperující společnosti. První a druhá průmyslová revoluce byly hnací silou při utváření moderní společnosti. Tyto revoluce byly v průběhu dvou a půl století svědky významných změn – v ideologii, společenské hierarchii, výrobě a distribuci, mezinárodních vztazích, obchodních vazbách, a především v technologickém pokroku.

Podle Fotra a Součka (2005) s koncem 20. století, po světových válkách a hospodářské krizi, přichází třetí průmyslová revoluce. Hlavním symbolem je zapojení počítačů do výroby, hovoříme o informačním a digitálním věku právě díky rozvoji informačních a digitálních technologií. Přichází automatizované procesy a převratný způsob v přístupu k informacím v podobě internetu. Získat informace je tak znatelně lehčí a konkurenční síly podniků se zvyšují. Klíčová technologie internetu a celá elektronika zažívá exponenciální růst. Změny se musejí realizovat v kratších intervalech, a to jak v tradičních, tak především nových odvětvích Robotika vstupuje do výroby; objevují se osobní počítače. Hovoříme o globalizaci, která vynáší na povrch dopady lidské činnosti na životní prostředí, které způsobují změnu klimatu. Tetřevová a kol. (2022) dodávají, že společenská odpovědnost firem se stává nástrojem podpory udržitelného rozvoje.

Podle Piccarozziho a kol. (2018) vývoj trhu, internacionalizace a rostoucí konkurenceschopnost vedla ke vzniku takzvané čtvrté průmyslové revoluce a k souběžnému vývoji jak v oblasti průmyslu, tak v oblasti obchodu. konceptu Průmyslu 4.0 a jeho studijní oblasti. Průmysl 4.0 navazuje na tři předchozí technologické transformace: parní pohon, který byl transformační silou devatenáctého století, elektřina, která proměnila velkou část dvacátého století, a éra počítačů, která začala v první polovině dvacátého století.

Jak pokračuje Klingenberg (2017), v roce 2011 předkládá německá vláda strategii elektronizaci průmyslu výroby a začíná se tak hovořit o čtvrté průmyslové revoluci – Industry 4.0. Hodnotový řetězec prochází procesem intenzivních změn do té míry, že organizace musí zpochybnit vše, co dělají a v jakém oboru podnikají. Hlavní technologií Průmyslu 4.0 je kyberfyzický systém (CPS), který je definován jako kombinace fyzických a kybernetických systémů. Oba systémy se chovají, jako by byly jedním – vše, co se děje ve fyzickém, virtuálním a naopak

1.2.2 Vymezení pojmů

Podle Nosalska a kol. (2019) navzdory přetrvávající popularitě pojmu Průmysl 4.0 výzkumníci a odborníci z praxe pravidelně poukazují na nejasný význam Průmyslu 4.0 a různé kontexty jeho využití. Vědci tento pojem často vysvětlují výčtem jeho charakteristických prvků. Vytvoření stručné definice, která by zahrnovala všechny relevantní aspekty Průmyslu 4.0, tak zůstává obtížné, neboť tento koncept zahrnuje širokou škálu otázek. Základní rozdíly mezi vědeckými a obchodními popisy Průmyslu 4.0 lze pozorovat v přístupu ke změnám obchodních modelů: obchodní studie tuto otázku zdůrazňují mnohem častěji než vědecké publikace. To potvrzují i výsledky analýzy společného výskytu technických a obchodních témat ve vědecké literatuře a také typy časopisů, které nejčastěji publikují příslušné publikace.

Příkladem vědecké definice může být například definice podle Piccarozzi a kol. (2018), kdy Průmysl 4.0 popisují jako revoluci, která je založena na vývoji zcela automatizované a inteligentní výroby, která je schopna autonomně komunikovat s hlavními podnikovými subjekty. Průmysl 4.0 je založen na horizontální a vertikální integraci výrobních systémů řízené výměnou dat v reálném čase a flexibilní výrobou umožňující výrobu „na míru“. Důležitými prvky jsou automatizace a digitalizace procesů, využití elektroniky a informačních technologií (IT) ve výrobě a službách. Jedná se o věk "kyberneticko-fyzikálních systémů" - systémů, které integrují výpočetní, síťové a fyzické procesy a zahrnují nespočetné množství technologií, které zahrnují mobilní zařízení, internet věcí (IoT), umělou inteligenci (AI), robotiku, kybernetickou bezpečnost nebo 3D tisk.

Druhá kategorie definic se zaměřuje na tvorbu hodnoty a strukturu hodnotového řetězce. Hodnotový řetězec lze chápat jako popis "celé škály činností, které jsou nutné k tomu, aby se výrobek nebo služba dostaly od koncepce přes různé fáze výroby. Příkladem takové definice je tato následující od Robert, Giuliani, a Gurau (2022) „Průmysl 4.0 přinese větší flexibilitu a robustnost hodnotové řetězce spojené s Průmyslem 4.0, které budou tvořeny flexibilními a přizpůsobivými podnikovými strukturami, budou mít trvalou schopnost vnitřního evolučního vývoje, aby se vyrovnaly s měnícím se podnikatelským prostředím.“

Literatura nabízí nespočet vysvětlujících definic pojmu Průmysl 4.0. Níže uvedené definice jsou ilustrací rozmanitostí definic Průmyslu 4.0.

- Průmysl 4.0 se zabývá čtvrtou průmyslovou revolucí ve výrobě, v níž technologické trendy, jako je digitalizace, automatizace a umělá inteligence, mění výrobní procesy (Madsen, 2019).
- Cílem Průmyslu 4.0 je zvýšit konkurenceschopnost a efektivitu výrobců překlenutím propasti mezi průmyslovou výrobou a informačními technologiemi (Hahn, 2020).
- Průmysl 4.0 je érou digitalizace – vše je digitální: obchodní modely, prostředí, výrobní systémy, stroje, operátoři, výrobky a služby (Alcácer a Cruz-Machado, 2019).
- Průmysl 4.0 umožňuje vytvořit prostředí, v němž jsou všechny prvky propojeny nepřetržitě a bez námahy. Všechna zařízení a funkce jsou řešeny jako služby, které spolu neustále komunikují, aby bylo dosaženo vysoké úrovně koordinace (Zambon a kol. 2019).
- Průmysl 4.0 je inteligentní výroba, která zlepšuje dlouhodobou konkurenceschopnost optimalizací práce, energie a materiálů s cílem vyrábět vysoce kvalitní produkt a najít rychlou reakci na výkyvy trhu a dodací lhůty (Mehrpouya a kol. 2019).
- Průmysl 4.0 propojuje dodavatelský řetězec a systém ERP přímo s výrobní linkou a vytváří integrované, automatizované a potenciálně autonomní výrobní procesy, které lépe využívají kapitál, suroviny a lidské zdroje (Li a kol. 2019).
- Čtvrtá průmyslová revoluce, nazývaná také Průmysl 4.0, přináší v organizacích řadu změn v organizačních procesech, metodách práce a struktuře zaměstnanců (Pejic-Bach a kol. 2020).
- Průmysl 4.0 vyžaduje určité technologie, jako je umělá inteligence, která je naprogramována tak, aby se inteligentně a samostatně rozhodovala při řešení problémů podle situace a pamatovala si adaptivní rozhodnutí, která se budou realizovat v budoucnosti (Jena a kol. 2020).
- Průmysl 4.0 lze popsat jako zvyšující se úroveň digitalizace a automatizace výrobního prostředí a vytvoření digitálního hodnotového řetězce, který umožňuje komunikaci výrobků a jejich prostředí s obchodními partnery (Lasi a kol. 2014).

- Průmysl 4.0 je revolucí ve výrobě a přináší do odvětví zcela nový pohled na to, jak může výroba spolupracovat s novými technologiemi, aby získala maximální výkon při minimálním využití zdrojů (Kamble, Gunasekaran, a Gawankar, 2018).
- Průmysl 4.0 je nově vznikající koncept v oblasti výrobních systémů a je popisován jako pojem, který zahrnuje technologie, jako je internet věcí, big data, kyberneticko-fyzické systémy a inteligentní objekty (Gobbo a kol. 2018).
- Průmyslu 4.0 umožňuje vznik inteligentní sítě v rámci podniku, propojuje zaměstnance, zákazníky, dodavatele, výrobky, stroje a výrobní zařízení (Cugno a kol. 2022).

Na základě mnoha výzkumů, které zmiňují Vrchota, Pech, Rolínek, a Bednář (2020), lze Průmysl 4.0 chápat jako je revoluční koncept procesu výroby, orientovanou na nové technologie, které vzájemně propojují stroje a zařízení s digitálními daty do automatických, inteligentních systémů.

1.2.3 Bariéry a rizika implementace

Podle Chauhana a kol. (2021) je implementace Průmyslu 4.0 budí zájem nejen vědců ale také podniků, jež se průmyslová revoluce přímo dotýká. Již zmíněná digitalizace, decentralizované systémy, orientace na služby a modulární výrobu – tyto principy společně se stále větším vlivem a tempem vývoje technologií mají potenciál pro zlepšení výkonnosti podniků. Změny, které s sebou Průmysl 4.0 přináší jsou nutně doprovázeny jistou mírou nejistoty. Mezi často zmiňované bariéry implementace lze řadit následující:

Nutnost organizačních a procesních úprav. Zavádění digitálních technologií vyžaduje procesní a organizační změny v podnicích. Vznik decentralizovaných organizací, využívání autonomní robotiky vede k organizačním změnám a řešení internetu věcí, která představují výzvy pro samotnou integraci (Fantini a kol. 2020; Karadayi-Usta, 2020).

Nedostatek kvalifikované pracovní síly. Dovednosti pracovníků, požadavky na vyšší vzdělání a speciální kvalifikace mají zásadní význam pro práci s technologiemi průmyslu 4.0, a to jak ve fázi implementace, tak i po ní. Úplná integrace technologií závisí na multidisciplinární pracovní síle s vysoce rozvinutými měkkými i tvrdými dovednostmi (Stentoft a Rajkumar, 2020).

Nedostatek systémů řízení znalostí a znalostí dat. Stávající systémy nejsou schopny zpracovávat data v reálném čase, a proto je třeba zavést robustnější systémy pro správu znalostí. Tyto vestavěné systémy ukládají a vyhledávají znalosti, mohou vyhledávat zdroje znalostí prostřednictvím vytěžování úložišť, zlepšují tak procesy a jsou schopny integrace s vestavěnými komponentami internetu věcí (Stentoft a Rajkumar, 2020).

Nedostatečné porozumění přínosům IoT. Zařízení internetu věcí by po plné implementaci měla teoreticky přinést podnikům potenciální zisky. Nicméně nedostatečné porozumění možnostem internetu věcí, vede k finančním ztrátám (Fantini a kol. 2020).

Nedostatečná komunikační a IT infrastruktura. Zavedení technologií I4.0 vyžaduje robustní IT a komunikační infrastrukturu, protože se opírá o shromažďování, analýzu a šíření dat v reálném čase (Karadayi-Usta, 2020; Kiraz a kol. 2020).

Otázky bezpečnosti a soukromí. Lze očekávat, že kybernetické útoky budou vzhledem k datům generovaným a šířeným mezi společnostmi prostřednictvím CPS a internetu věcí stále větším problémem, zejména pokud jde o komunikaci: ověřování totožnosti, autorizační postupy a protokoly, soukromí a přístup k systému (Dalmarco a kol. 2019).

Nedostatečné úsilí o standardizaci. Pro podporu výroby a implementace komponentů s podporou Průmyslu 4.0 je třeba, aby byly normy komplexní a rozšířené mezi výrobci zařízení. Tento nedostatek se týká zejména malých a středních podniků, neboť podpora modernizace a integrace inteligentních strojů je bez standardizovaných přístupů nákladná (Schroeder a kol. 2019; Stentoft a Rajkumar, 2020).

Absence digitální strategie. Stále více je třeba rozvíjet a zavádět digitální strategie, které zohledňují vertikální i horizontální aspekty hodnotového řetězce. To znamená, že digitální strategie musí zohledňovat integraci s různými IT systémy, kde jsou klíčovými aspekty kompatibilita a interoperabilita (Ghadge a kol. 2020).

Chybějící hotová řešení. Současným digitálním technologiím stále chybí další vývoj pro plné nasazení v podobě hotových řešení. K tomu přístupu je potřeba plně integrovat řešení se staršími systémy, dosáhnout správy informací v reálném čase a umožnit plnou interoperabilitu se systémy a službami analýzy dat (Barros a kol. 2017).

Potřeba vysokého objemu investic. Podniky musí vynaložit vysoké kapitálové výdaje na rozvoj infrastruktury Průmyslu 4.0. Investice se týkají zejména malých a středních podniků. Nové technologie s sebou nesou zvýšené riziko v důsledku možných

finančních ztrát a nerealizované návratnosti investic (Kamble, Gunasekaran, a Sharma, 2018).

Potřeba adaptivní modernizace. Rozsáhlá implementace Průmyslu 4.0 vyvolává potřebu přeměny stávajících zařízení na stroje s podporou CPS, tzv. proces modernizace. Propojení technologií souvisejících s I4.0 se současnými organizačními hierarchiemi, strukturami, výrobními a logistickými systémy s sebou nese vysokou míru složitosti a investic, které společně brání v dosažení úplné digitální transformace (Stock a Seliger, 2016).

Překážky, které stojí mezi podniky a úspěšnou implementací, rozhodně nekončí výše uvedeným výčtem. Například Attiany a kol. (2023) odpor zaměstnanců vůči přijímání nových technologií je umocněn nízkou úrovní technologické vyspělosti nebo nedostatečnou kompetencí zaměstnanců. Elhusseiny a Crispim (2022) k výčtu a dovednostem a kompetencím zaměřeným na manažery přidávají obecný strach ze změn, nedostatek výzkumných a vývojových aktivit, nedostatek zkušeností.

Türkeş a kol. (2019) popisují ryze lidskou překážku, tedy schopnost strojů a počítačů dohlížet na pracující lidi, a tím je zbavovat intimity. Vzniká závislost na robotech a lidé se stávají apatičtějšími, introvertnějšími, smutnějšími, spojenými s virtuálním životem. Novým limitem ve vývoji Průmyslu 4.0 je demografie, protože čelíme negativnímu přirozenému přírůstku obyvatelstva, tedy stárnutí populace. Mladí lidé jsou lidmi budoucnosti. Další překážkou Průmyslu 4.0 je nedostatek odborných znalostí (nedostatek kultury, vizí nebo interního vzdělávání v digitální oblasti, stejně jako nedostatek odborníků jsou překážkami urychleného rozvoje Průmyslu 4.0). Překážky rozvoje Průmyslu 4.0 jsou způsobeny nedostatkem předpisů a pracovních postupů v rozvojových zemích, chybějící legislativou pro rozvoj cloud computingu, kybernetické bezpečnosti, rozšířené reality, umělé inteligence, a to zejména v rozvojových zemích.

Podle Sima a kol. (2020) v příštích desetiletích budou některé profese postupně přebírat průmysloví roboti, takže dojde k zásahu do velké části pracovních míst. Zaniknou tak tradiční role ve výrobě, zemědělství, veřejných službách, ale vzniknou nová pracovní místa ve zdravotnictví, vzdělávání a poskytování služeb. Tato nová pracovní místa však budou vyžadovat, aby si zaměstnanci osvojili nové dovednosti, a to zejména digitální. V současné době se automatizace práce nejvíce obávají zaměstnanci, jejichž formální vzdělání je nejisté. Průběžná rekvalifikace zaměstnanců je nejčastěji používanou

metodou, jak snížit rozdíly v dovednostech. Podniky se musí zapojit a podporovat celoživotní vzdělávání. Podobně pak vlády musí podporovat programy následného vzdělávání. Průmysl 4.0 potřebuje vzdělávání 4.0. Aby bylo možné vyhovět potřebám ekonomiky v budoucnosti, je třeba se na vzdělávání 4.0 dívat ze čtyřdimenzionální perspektivy: odborné vzdělávání, podnikatelské vzdělávání, finanční vzdělávání a digitální vzdělávání. Ve vzdělávání 4.0 je třeba přizpůsobit tradiční metody učení tak, aby zahrnovaly strategie, technologie a aktivity, které studentům umožní přístup k vhodným vzdělávacím a školicím programům. Jelikož se vzdělávání 4.0 snaží poskytovat efektivnější, dostupnější a flexibilnější vzdělávací programy, vznikají nové metody výuky a učení, které zohledňují využití technologií a osvědčených principů, strategií, stylů a pedagogických postupů, které se stále častěji používají ve vysokoškolském vzdělávání (Miranda a kol. 2021).

1.2.4 Výhody Průmyslu 4.0

Předchozí kapitola byla zaměřena na bariéry implementace Průmyslu 4.0, následující kapitoly se zaměří více na hodnoty, které implementace přináší podnikům. Waibel a kol. (2017) ve své práci zmiňuje přínosy čtvrté průmyslové revoluce, zejména v oblasti ESG: Snížení nadprodukce a plýtvání, snížení plýtvání ve fázi vývoje produktu, úspora přírodních zdrojů, ekologický rozměr stávajících výrobních závodů.

Nunes a kol. (2017) doplňuje další výhody Průmyslu 4.0: Snížení nákladů na logistiku v podobě dopravy, skladování, přepravy zásob a administrativy, zlepšení dodacích lhůt a dodacích lhůt, snížení objemů zásob, přesnější odhad poptávky.

Kayikci (2018) uvádí následující výhody Průmyslu 4.0: Decentralizovaná a digitalizovaná výroba, kde lze výrobní prvky nezávisle řídit. Produkty se stanou modulárnějšími a konfigurovatelnějšími, podpoří to hromadné přizpůsobení, aby splňovaly specifické požadavky zákazníků, nové inovativní obchodní modely: hodnotové řetězce budou citlivější, zvýší se konkurenceschopnost odstraněním bariér mezi informacemi a fyzickými strukturami, digitalizace je o konvergenci mezi fyzickým a virtuálních světů a bude mít široký dopad v každém hospodářském odvětví. Je hnací silou inovací, která bude hrát rozhodující roli v produktivitě a konkurenceschopnosti, Transformace pracovních míst a požadovaných dovedností, tj. předefinování stávajících pracovních míst a přijetí opatření k přizpůsobení pracovní síly novým pracovním místům, která budou vytvořena.

V neposlední řadě Hammer a kol. (2017), který uvádí následující výhody: Pracovníci budou mnohem více zapojeni do své každodenní práce ve složitých a nepřímých úkolech, jako je práce se stroji, pracovníci budou muset řešit nestrukturované problémy, pracovat s novými informacemi a provádět řadu nerutinních manuálních úkolů, posílení fyzických dovedností, jako je síla nebo jemná motorika, a snížení fyzické námahy při práci s exoskelety, polohovacími zařízeními, roboty nebo automatizace monotónních úkolů, snížení námahy na krátkodobou paměť vizualizací detailních informací a informací na vyžádání (uživatelé získají relevantní informace, když je potřebují a způsobem, kterému mohou porozumět), snižují počet chyb, které se vyskytují v dílně, sledováním procesu v reálném čase a pracovními pokyny na základě dovedností/schopností.

1.3 Technologie Průmyslu 4.0

Charakteristickým znakem Průmyslu 4.0 je využívání široké škály vzájemně propojených technologií, které umožňují automatizaci, digitalizaci, analýzu velkých dat a umělou inteligenci. Literatura nabízí řadu technologií, které lze klasifikovat jako součást nové průmyslové revoluce, jako jsou: internet věcí, umělá inteligence, robotika, cloud computing, simulace a virtuální realita, velká data a analýza dat, aditivní výroba, nebo Blockchain (Zheng a kol. 2021). Vybrané technologie jsou podrobněji rozebrány v následujících podkapitolách.

1.3.1 IoT

Podle Tawalbeha a kol. (2020) internet věcí (IoT) označuje koncept propojených objektů a zařízení všech typů prostřednictvím kabelového nebo bezdrátového internetu. Popularita internetu věcí zažívá v posledních letech značný nárůst, neboť se tyto technologie používají k různým účelům, včetně komunikace, dopravy, vzdělávání a rozvoje podnikání. Internet věcí zavedl koncept hyperkonektivity, to znamená, že podniky i jednotlivci mohou bez problémů komunikovat mezi sebou ze vzdálených míst. Kevin Ashton vymyslel termín "IoT" v roce 1999 pro propagaci radiofrekvenční identifikace. (RFID), který zahrnuje vestavěné snímače a akční členy. Zavádění internetu věcí podniky znamená především práci s daty, která IoT generuje. Internet věcí lze charakterizovat třemi slovy velký, otevřený a propojený. Brous a kol. (2020) tvrdí, že IoT generuje velké množství dat, která jsou často kvalitnější než data generovaná tradičními prostředky, no-go: jsou často přesnější, jsou více heterogenní, pocházejí z mnoha různých zdrojů, včasnější než tradiční data – často v reálném nebo téměř reálném čase, mají mnohem větší objem.

Brous a kol. (2020) tvrdí, že zařízení s podporou IoT se používají v průmyslových aplikacích a pro různé obchodní účely. IoT pomáhá podnikům dosáhnout konkurenční výhody, ale s rozšiřováním široké škály chytrých zařízení se sdílením a integrací dat se narušení soukromí a dat stává pro většinu podniků významným problémem, protože narušuje tok práce, činností a síťových služeb. Leloglu (2017); Liu a kol. (2017) věří, že navzdory obrovským výhodám, které podniky z internetu věcí získávají, existují problémy, které je třeba řešit. Autoři zmiňují hlavní obavy týkající se kybernetické bezpečnosti a ochrany soukromí. Tyto dva faktory platí nejen pro podniky, ale i pro další organizace a domácnosti. K překonání těchto hrozeb je nezbytné mít k dispozici IT odborníky

a vyvinout komplexní bezpečnostní opatření a zásady pro ochranu vašeho obchodního majetku a zajištění kontinuity a stability služeb. Shafique a kol. (2020) uvádí, že každá nová technologie s sebou přináší určité výzvy a IoT není výjimkou. IoT nemůže existovat sám o sobě, řešení je obvykle tvořeno více technologiemi a hardwarem, a to vytváří obtížné prostředí. Za hlavní výzvy vidí investice, bezpečnost, integraci různorodých dat a dostatek kvalifikovaného personálu.

Architektura internetu věcí je založena na třech komponentách/vrstvách: Hardware, který se skládá z mnoha senzorových uzlů včetně komunikačních a propojovacích obvodů. Middleware, vrstva úložiště dat a také nástroje pro analýzu a zpracování velkých dat. Zobrazovací vrstva, která se skládá z výkonných vizualizačních nástrojů a je určena pro koncového uživatele. Data jsou prezentována srozumitelnou formou napříč platformami.

Shafique a kol. (2020) také tvrdí, že parametry ovlivňující architekturu IoT jsou různorodé. Skupiny zúčastněných stran se proto v současnosti snaží navrhnout neoptimálnější architekturu, která řeší problémy, jako je škálovatelnost, bezpečnost, adresnost a energetická účinnost. Budoucí IoT architektura proto musí tyto požadavky splňovat.

Khanna a Kaur (2020) tvrdí, že IoT má velký potenciál pro sociální, environmentální a ekonomický dopad. Inteligentní sítě, inteligentní domy/budovy, veřejná bezpečnost, monitorování životního prostředí, zdravotní péče, zemědělství a chov dobytka jsou některé z konceptů založených na internetu věcí. Všechny tyto oblasti jsou tak či onak spojeny s lidskou činností. Klíčovým důvodem pro přijetí IoT ze strany výrobců, veřejných služeb, zemědělských výrobců a poskytovatelů zdravotní péče je zvýšení produktivity a efektivity prostřednictvím inteligentní a vzdálené správy.

Jak uvádějí Selvanathan a kol. (2020) společnost Thames Water, největší poskytovatel služeb v oblasti pitné a odpadní vody ve Velké Británii, využívá senzory ke sběru a analýze dat v reálném čase tak, aby mohla reagovat na poruchy zařízení a na kritické situace, jako jsou úniky nebo nepříznivé povětrnostní jevy. Další oblastí je zemědělství – využíváním IoT mohou zemědělci lépe měřit sledované proměnné, jako jsou živiny v půdě, použitá hnojiva, teplota a vlhkost půdy. Při dostatečné hustotě rozmístěných senzorů lze téměř zdvojnásobit zemědělské výtěžky. Ve zdravotnictví přináší implementace IoT především rychlé reakce na změny a přesné informace. Průmysl však není zdaleka jedinou oblastí, kde lze IoT využít. Servida a Casey (2019)

uvádí, že zařízení internetu věcí mají senzory nebo akční prvky, které generují data, - autonomně, nebo v reakci na lidskou činnost (detekce pohybu, otevření dveří). Díky tomu, že jsou zařízení vždy aktivní a vždy generují data, jsou vynikajícími digitálními svědky, kteří zachycují stopy činností potenciálně využitelných při vyšetřování. Zařízení internetu věcí mohou být neocenitelným zdrojem důkazů za předpokladu, že digitální vyšetřovatelé dokážou zvládnout množství generovaných dat, počet a rozmanitost zařízení.

1.3.2 Velká data

Podle Unhelkara (2018) je dnešní svět je doslova syčen daty. Jsou jedním z nejdůležitějších zdrojů podniků, podobně jako elektřina, nebo ropa. Podniky, které se naučily, nebo naučí využívat potenciálu datového zdroje mají neoddiskutovatelnou výhodu v konkurenčním prostředí. Efektivní získávání, ukládání, sdílení, zabezpečení a prezentace dat není pouhou známkou moderního podniku, nýbrž nedílnou součástí na cestě k učití se organizaci

Hendl (2021) dodává, že zatímco v minulosti podniky definovaly způsob ukládání dat, kdy data byla ukládána do databází a propracovaných struktur a tento způsob uchovávání a organizování dat sloužil podnikům dekády, tak dnes je podniková realita jiná. Data k uživatelům proudí z mnoha různých zdrojů a také v mnoha formátech. Hovoříme-li o Big Data nejedná se pouze o množství zpracovávaných dat s ohledem na aplikace, které s nimi pracují, nýbrž také o mixu různých typů dat. Velká data nebo velká data lze klasifikovat v mnoha aspektech – zdroje dat, formáty obsahu, způsoby zpracování nebo ukládání. Schéma různých perspektiv je uvedeno v následujícím seznamu: Zdroje dat (IoT, stroje, transakce, senzory), formát (strukturovaná, nestrukturovaná nebo polostrukturovaná data), předzpracování (normalizace, čištění, transformace), ukládání a organizace (podle klíč, sloupcové řazení, orientace dokumentu), zpracování (v reálném čase, dávkově).

První vlastnost velkých dat, totiž heterogenita, je zmíněna v předchozím textu. Koseleva a Ropaite (2017) uvádějí, že diverzita se týká různých typů dat shromažďovaných prostřednictvím senzorů, chytrých telefonů nebo dat sociálních sítí. Nejedná se tak výhradně o data ve smyslu textu, nýbrž i obrazových materiálů, zvuků a dokumentů. Rozmanitost, jakožto první vlastnost o velkoobjemových dat, spočívá v již zmíněném formátu dat – strukturovaná data (např. data o spotřebě energie), semistrukturovaná data

(např. datová výměna mezi inteligentními energetickými systémy) a také nestrukturovaná data (např. e-mailová komunikace, interakce na sociálních sítích).

V pořadí druhou vlastností velkoobjemových dat je nabízející se objem – objemnost. Jedná se o hlavní charakteristiku Big Data s ohledem na zvyšující se množství generovaných dat, přesto nepřináší podnikům zásadní obtíže. Výhodou objemnosti dat, resp. jejich shromažďování a zpracovávání je bezesporu získávání cenných znalostí, a to jak pro daný podnik, tak pro celou společnost. Posledním charakteristikou je rychlost – rychlost přenosu dat. Obsah generovaných dat se neustále mění tím, jak podniky implementují další kolekce dat – z nových generátorů dat, ale i zaváděním starších datových kolekcí do inteligentních systémů. Na rozdíl od tradičního typu následného zpracování business intelligence a data miningu, potřebuje sběr a zpracování například energetických velkoobjemových dat překvapivou rychlost, tak aby bylo možné podpořit zpracování dat téměř v reálném čase, kdy se rozhodování a rychlost sběru a zpracování dat pohybuje v řádech vteřin.

Lamba a Singh (2016) uvádějí, že samotný objem dat nepředstavuje zásadní problém při přijetí této části konceptu Průmysl 4.0. Procesní nastavení spolu s moderní infrastrukturou postavenou na moderních ICT technologiích – RFID, IoT nebo Cloud Computing – velmi zjednodušilo sběr značného množství dat, která vykazují již zmíněné 3V charakteristiky – objem, rychlost a rozmanitost. Lu a kol. (2014) uvádějí, že nárůst velkých dat nezávisí pouze na slibovaných řešeních, ale také na bezpečnostních výzvách analýzy velkých dat. Je pravděpodobné, že pokud nebudou dobře řešeny problémy s bezpečností a ochranou soukromí, nebude možné koncept velkých dat široce přijmout.

Podle Unhelkara (2018) umožňují technologie zpracování velkých dat nejenom odebírat vzorky dat pro analytické účely, ale také využívat celý dostupný soubor. Výsledkem je, že obchodní analytika řízená technologiemi Big Data má mnohem větší šanci na úspěch při přesném pochopení významu dat a předpovídání trendů. Taková analytika je proto také schopna poskytnout podnikům větší příležitost k přesným změnám – jinými slovy k tomu, aby byly více agilní. To vyžaduje, aby se podniková strategie podílela na pozitivním dopadu na agilitu podniku. Pochopení agility v kontextu podnikání je důležité pro strategické nakládání s velkoobjemovými daty. Big Data umožňují podniku být agilní a agilita poskytuje podniku možnosti formulovat úspěšné strategie v oblasti Big Data. Takové strategické začlenění technologií a analytiky velkoobjemových dat předpokládá holistické úvahy o lidech, procesech, technologiích a ekonomice.

Dílní přístupy k začlenění technologií Průmyslu 4.0, které mají podnikům poskytnout rychlou reakci, mohou vést k nepřesným nebo dokonce škodlivým následkům, zatímco schopnost reagovat na změny může být rozhodujícím faktorem pro úspěch či neúspěch podniku. Přijetí nové a převratné technologie, jako jsou Big Data, vyžaduje zvážení všech rozměrů – procesů, podkladových dat a analytických aplikací, které s daty pracují. Proto jsou agilní metody řízení závislé na agilitě systémů a v kontextu velkoobjemových dat – způsob, jakým jsou Big Data do systémů začleněna.

1.3.3 Aditivní výroba

Podle Gibsona a kol. (2015) rozvoj průmyslových odvětví závisí na inovativních a špičkových výzkumných činnostech spojených s výrobními procesy, materiály a designem výrobků. Kromě obvyklých požadavků na nízkou cenu a nejlepší kvalitu je tržní konkurence v současných výrobních odvětvích spojena s požadavky na výrobky, které jsou složité, mají kratší životní cyklus, vykazují kratší dodací lhůty, zahrnují přizpůsobení a vyžadují relativně méně kvalifikované pracovníky. Ve skutečnosti je současný druh výrobků velmi složitý a náročný na konstrukci. Proto existuje silný podnět k navrhování, vývoji a zavádění nových a důmyslných výrobních postupů.

Použití konvenčních výrobních metod je obvykle limitováno především velikostí výrobní série a geometrickou složitostí výrobků, to nutí firmy používat procesy a nástroje zvyšující konečnou cenu vyrobeného produktu. Techniky aditivní výroby poskytují významné konkurenční výhody tím, že se přizpůsobují geometrické složitosti a individuálnímu designu vyráběné součásti. V závislosti na oblasti použití lze dle Jiménez a kol. (2019) dosáhnout následujících výsledků: lehčí produkty, vícemateriálové produkty, ergonomické produkty, efektivní krátké výrobní série, méně chyb při montáži a tím nižší související náklady, nižší investiční náklady na nástroje, kombinace různých výrobních procesů, optimalizované použití materiálů a udržitelnější výrobní proces.

Jiménez a kol. (2019) tvrdí, že aditivní výrobu lze popsat jako techniku míchání materiálů, a to tavením, spojováním, nebo tuhnutím materiálů. Při ní se díl vyrábí po vrstvách pomocí 3D CAD modelování. K popisu procesů aditivní výroby lze použít termíny jako je 3D tisk, rychlé prototypování, přímá digitální výroba a pevná výroba ve volné formě (SFF). Salmi (2021) doplňuje, že pojem aditivní výroba lze v netechnickém kontextu chápat jako proces 3D tisku, při němž se pomocí počítačem podporovaného návrhu vyrábějí fyzické díly a objekty se staví po jednotlivých vrstvách. Do tohoto procesu zasahují i další technologie – například tvarování laserem, nicméně takové procesy nespádají do aditivní výroby, byť se na výrobním procesu podílejí. Důvodem je že nepřidávají výrobku materiál, ale formu.

Jak Abdulhameed a kol. (2019) popisují, procesy aditivní výrobní vyrábějí komponenty pomocí 3D počítačových dat nebo souborů, které obsahují informace o geometrii objektu. Aditivní výroba je velmi užitečná v případech, kdy jsou vyžadovány nízké objemy výroby, vysoká složitost konstrukce a časté změny konstrukce, a nabízí tak

možnost vyrábět složité díly překonáním konstrukčních omezení tradičních technologií. V současné době se aditivní výroba využívá a zkoumá pro využití v oblastech, jako je např. zdravotnictví, automobilový, letecký a lodní průmysl, a také v oblasti průmyslových náhradních dílů

1.3.4 AI

Podle Zhang a Lu (2021) se umělá inteligence a robotika se vžívají natolik, že se lidé obávají, že stroje převzou kontrolu nad jejich životy a role člověka se v mnoha oblastech relativně sníží. Lidé se vyznačují tím, že uplatňují své nadání, dovednosti a schopnosti, které jiní tvorové nedokážou. Lidé se od sebe odlišují také tvořivostí a dovednostmi a ti, kteří vynikají, disponují inteligencí. Lidskou inteligenci pak chápeme jako schopnost a dovednost řešit problémy. Hlavním důvodem vývoje umělé inteligence je simulace lidské mysli studiem chování lidské inteligence pomocí počítačových programů, které jsou schopny porozumět lidskému chování. Tato skutečnost naznačuje, že počítačová a lidská inteligence budou mít na člověka obrovský a zřejmý vliv. Umělá inteligence je popisována jako schopnost strojů a programů simulovat lidské duševní zkušenosti a jejich praktické vzorce, jako je schopnost učit se, posuzovat a reagovat na situace

Aggarwal (2022) tvrdí, že koncepty umělé inteligence a robotiky se staly tak všudypřítomné, že se lidé obávají, že jejich životy převzou stroje a role lidí bude v mnoha oblastech relativně omezena. Lidé se odlišují tím, že uplatňují talenty, dovednosti a schopnosti, které ostatní tvorové nemohou. Lidé se také vyznačují kreativitou a dovednostmi a ti, kteří vynikají, mají inteligenci. Lidská inteligence je pak chápána jako schopnost a dovednost řešit problémy. Hlavním důvodem pro vývoj umělé inteligence je simulace lidské mysli studiem chování lidské inteligence pomocí počítačových programů, které jsou schopny porozumět lidskému chování. Tato skutečnost neznamena, že počítačová a lidská inteligence bude mít na člověka obrovský a zřejmý dopad. Umělá inteligence je popisována jako schopnost strojů a programů simulovat lidské duševní zážitky a jejich praktické vzorce, jako je schopnost učit se, posuzovat a reagovat na situace. Taulli (2019) popisuje umělou inteligenci jako neuronové sítě – v podstatě velmi jednoduché matematické algoritmy, které napodobují aktivity biologických neuronových sítí. Vznik těchto sítí byl motivován touhou modelovat a porozumět fungování lidského mozku.

Charlwood a kol. (2022) tvrdí, že umělá inteligence proniká do široké škály oblastí našeho života. Jednou z těchto oblastí jsou lidské zdroje (HR), kde umělá inteligence dokáže rychleji a efektivněji prosit tisíce žádostí o zaměstnání, bez nevědomých předpokladů. Díky schopnosti identifikovat klíčové charakteristiky úspěšných zaměstnanců může AI zvýšit pravděpodobnost najmutí těch nejlepších kandidátů, což následně vede

ke zvýšení produktivity a snížení fluktuace zaměstnanců. Kromě toho může umělá inteligence osvobodit lidské pracovníky od rutinní administrativní práce a poskytování odpovědí na běžné otázky a také přispět k rozmanitosti a začlenění do organizací. Další oblastí, do které AI vstupuje, je výroba a průmysl, kde přináší mnoho výhod. Umožňuje například monitorování a údržbu zařízení v reálném čase a virtuální projektování. Generativní návrh lze použít ve výrobních procesech, kde software zkoumá všechny možné alternativy návrhu a umožňuje jejich testování na proveditelnost. Umělá inteligence tak přináší zvýšenou efektivitu a přesnost výrobních procesů.

Podle Wanga a Siaua (2019) se otevírá široké pole působnosti pro umělou inteligenci. Aplikace založené na umělé inteligenci mají potenciál zlepšit zdravotní stav pacientů a starších osob a zvýšit kvalitu jejich života. V oblasti zdravotnictví existuje několik hlavních aplikací umělé inteligence, včetně monitorování medicíny, léčby chronických onemocnění, diagnostiky nemocí a podpory při operacích. Aplikace založené na umělé inteligenci dosáhly v oblasti zdravotnictví mnoha úspěchů. Patří sem využití sociálních médií k odvození zdravotních rizik, strojového učení k předvídání rizikových pacientů a robotiky pro podporu chirurgických zákroků. Umělá inteligence také může pomoci při předvídání a identifikaci pacientů s nejnaléhavější potřebou paliativní péče. Algoritmy využívající umělou inteligenci se vyznačují vysokou přesností a rychlostí, a to jak při diagnostice symptomů, tak při podpoře klinických rozhodnutí.

Rui a Badarch (2022) uvádí, že umělá inteligence vyvolává představu superpočítače, počítače s obrovskými výpočetními schopnostmi, včetně adaptivního chování, jako je zapojení senzorů, a dalšími schopnostmi, které umožňují mít poznávací a funkční schopnosti podobné lidským, a které skutečně zlepšují interakci superpočítače s lidmi. Schopnosti umělé inteligence pozorujeme například v inteligentních budovách, jako je schopnost řídit kvalitu vzduchu v budově, teplotu anebo přehrávání hudby v závislosti na zjištěné náladě obyvatel prostoru. V oblasti vzdělávání došlo k většímu uplatnění umělé inteligence, které přesahuje běžné chápání umělé inteligence jako superpočítače. Podle Chena a kol. (2020) umělá inteligence nemůže zcela nahradit učitele, ani ji nelze použít jako hlavní výukovou metodu. Za předpokladu, že aplikace umělé inteligence dokážou učitele začlenit do vzdělávacích aktivit při práci v rámci tradiční vyučovací metody, může to přinést zcela nový náskok do výuky a poskytnout významnou pomoc při efektivní výuce.

Hwang a kol. (2020) uvádějí, že výzvou při vývoji inteligentních výukových systémů a systémů adaptivního učení jsou nejen dovednosti programování, ale také techniky simulace inteligence lidských expertů. Ty zahrnují znalosti a zkušenosti lidských vyučujících pro vytváření úsudků a rozhodnutí na základě nejlepších dostupných důkazů, které pomáhají řešit problémy jednotlivých studentů a pomáhají jim lépe se učit. Tyto výzvy se objevují proto, že AI je vysoce technologicky závislý a mezioborový obor. Bez znalosti rolí umělé inteligence ve vzdělávání i fungování technologií umělé inteligence by se výzkumným pracovníkům i vyučujícím nemuselo podařit efektivně implementovat aplikace a aktivity AI.

Podle Shaji a kol. (2023) každých několik desetiletí přichází inovace, která zcela změní svět. Tedy inovace, které hrají hlavní roli ve zvyšování životní úrovně, jako je internet nebo letadla. Historickým milníkem je představení umělé inteligence široké veřejnosti v podobě ChatGPT. Jak popisují Lund a Wang (2023), ChatGPT je veřejný nástroj vyvinutý společností OpenAI, který je založen na technologii jazykového modelu GPT. Jedná se o vysoce sofistikovaného chatbota, který je schopen plnit širokou škálu textových požadavků, včetně odpovídání na jednoduché otázky a provádění pokročilejších úkolů, jako je generování děkovných dopisů a vedení jednotlivců náročnými diskusemi o problémech produktivity. ChatGPT to dokáže díky využití svých rozsáhlých datových úložišť a efektivního designu k pochopení a interpretaci uživatelských požadavků a následně generování vhodných odpovědí v téměř přirozeném lidském jazyce. Kromě praktických aplikací je schopnost ChatGPT generovat lidský jazyk a provádět složité úkoly významnou inovací ve zpracování přirozeného jazyka a umělé inteligenci.

1.3.5 Další prvky Průmyslu 4.0

Zonta a kol. (2020) doplňují výše uvedené technologie a základní elementy nové průmyslové revoluce nejsou vyčerpávajícím výčtem. Technologie Průmyslu 4.0 se nutně podílí na probíhající revoluci. Stroje i manažeři i další zaměstnanci jsou denně konfrontováni s rozhodovacími procesy zahrnujícími masivní vstup dat a přizpůsobování výrobního procesu. Schopnost předvídat potřebu údržby aktiv v konkrétním budoucím okamžiku je jednou z hlavních výzev, stejně tak příležitostí. Možnost provádění prediktivní údržby přispívá ke zvýšení prostojů strojů, nákladů, kontroly a kvality výroby.

Paolanti a kol. (2018) tvrdí, že údržba, nebo také on-line monitoring odkazuje na inteligentní monitorování strojů a jiných zařízení. Stejně jako jiné zasažené oblasti

Průmyslem 4.0 i prediktivní údržba prošla vývojem od vizuální kontroly, k automatizovaným metodám využívajícím pokročilé techniky zpracování signálů založené na rozpoznávání vzorů a strojovém učení, až k využívání neuronových sítí. Výkonnost a stav výrobních zařízení jsou pro celý výrobní proces rozhodující. Především se jedná o oblasti, které vyžadují absolutní spolehlivost, jako jsou elektrárny, veřejné služby, dopravní systémy a záchranné služby. Prognostické informace jsou obvykle nezbytné pro dlouhodobé plánování a pro plánování různých provozních činností (údržba, výroba, zásoby atd.). Jakákoli neplánovaná porucha nebo neefektivní proces některé součásti výrobního zařízení může mít negativní ekonomický dopad na celou výrobní linku, což vede k neplánovaným prostojům a nákladům. Tradiční přístupy k údržbě, jako je manuální údržba, jsou při sběru dat o zařízení neefektivní a těžkopádné kvůli obecným obavám z důvěryhodnosti, diskrétní podpoře a omezeným údajům, které jsou k dispozici od konkurenčních výrobců zařízení. Technologie, jako je RFID, umožňují shromažďovat data, ale tento proces je složitý a obrovské objemy dat jsou pro tradiční zpracování dat a nástroje pro vytváření smysluplných informací nemožné (Sang a kol. 2020). Za prediktivní údržbu lze označit soubor nástrojů, které slouží k určení, kdy je zapotřebí konkrétní údržba. Tento nástroj je založen na nepřetržitém monitorování stroje nebo procesu, což umožňuje provádět údržbu pouze v případě potřeby. Sekundární, neméně důležitou funkcí prediktivní údržby je možnost včasné detekce poruch díky nástrojům založeným na historických datech – učení stroje, a také na vizuálních aspektech poruch – opotřebení, tvaru, barvě (Pech a kol. 2021).

Podle Goela a Gupty (2020) podniky automatizují mnoho procesů, zefektivňují je, a to vede ke spolupráci lidí a strojů. Konkurenceschopnost v dnešním podnikatelském prostředí roste každým dnem. Je důležité přijímat chytré a včasné rozhodnutí, a pokrýt tak potřebu inteligentnějších systémů pro přijímání rozhodnutí. Stroje v podobě robotů se již několik desítek let používají k provádění specializovaných úkolů ve výrobních procesech, zatímco lidem jsou ve spolupráci přiděleny předem definované úkoly, jako je kontrola kvality a vyřazení toho výrobku, který má nějaké vady. V moderním průmyslu hrají důležitou roli roboti, kteří dokážou plnit své úkoly inteligentně, je-li to žádoucí pak samostatně a s důrazem na bezpečnost, flexibilitu či spolupráci. Hlavními technologiemi jsou umělá inteligence a pochopitelně robotický průmysl. Robotika a průmyslová automatizace zcela mění fáze výroby a zpracování. Využití je možné nalézt nespočet – Javaid a kol. (2021) uvádí, že roboty jsou díky své vysoké přesnosti a opakovatelnosti

vhodné pro demontážní postupy, jako je ořezávání a řezání. To může mít podobu řezání materiálů, plastových výlisků atp. Thangam a Sathish (2018) ve své studii prezentují mnoho dalších oblastí využití robotů ve spojení s umělou inteligencí jako je zdravotnictví, zemědělství, bankovníctví, vzdělávání energetika nebo národní bezpečnost.

Do průmyslové výroby stále častěji vstupují kolaborativní roboti neboli koboti. Technologie kobotů může dle Knudsen a KaiVo-Oja (2020) v příštích desetiletích změnit pravidla hry a stát se dominantní robotickou technologií, přičemž kolaborativní robotika se již stala jedním z nejrychleji rostoucích odvětví trhu s roboty. Vývoj robotů, a to zejména kobotů, byl v posledních deseti letech natolik pokrokový, že kolaborativní roboty znamenají odklon od tradičních průmyslových robotů, které fungují odděleně od svých lidských spolupracovníků. Koboti jsou naproti tomu určeni k přímé interakci s lidskými pracovníky, k manipulaci se společným užitečným zatížením a k bezpečnému fungování bez běžných bezpečnostních klecí nebo podobných ochranných opatření.

Robotická technologie a její evoluce podle Bayrama a İnce (2018) závisí nejen na ceně materiálů, ale také na pokroku technologických komponentů pro stavbu robota, které snižují jeho pořizovací cenu, mají kvalitnější senzory, rychlejší a levnější procesory, jsou závislé na softwaru a aplikacích pro roboty s otevřeným zdrojovým kódem, spotřebovávají méně energie a jsou všude připojeny. V robotice nicméně stále existuje mnoho výzev, jako je zvládání nejistoty, vnímání reálného prostředí, kognitivní rozhodování v reálném čase, problémy pomalého a neefektivního rozhodování autonomních robotů, obtížného používání robotů, zavádění robotů do procesu výroby atd.

1.4 Udržitelnost a Průmysl 4.0

V roce 2023 publikoval Mezivládní panel pro změnu klimatu (IPCC) v pořadí šestou souhrnnou hodnotící zprávu. Zkrácená verze hodnotící zprávy „Summary for Policymakers“ uvádí následující *„Lidská činnost, především prostřednictvím emisí skleníkových plynů, jednoznačně způsobila globální oteplování, přičemž v letech 2011-2020 byla globální povrchová teplota o 1,1 °C vyšší než v letech 1850-1900. Celosvětové emise skleníkových plynů se nadále zvyšují, přičemž historické a současné příspěvky k nim jsou nerovnoměrné a vznikají v důsledku neudržitelného využívání energie, využívání půdy a změn ve využívání půdy, životního stylu a vzorců spotřeby, výroby v různých regionech, mezi jednotlivými zeměmi i v rámci nich a mezi jednotlivci (vysoká spolehlivost).“*

Podle Baga a Pretoriuse (2022) se neustále zvyšující se poptávka spotřebitelů se promítá do zvýšené výroby zboží. Tento systém může mít za následek vážné škody na životním prostředí, a to především z důvodu využívání neobnovitelných vstupů. Ty jsou navíc spotřebovávány rychlejším tempem, které není udržitelné. Dochází k zvýšeným emisím z výrobního procesu a neekologickému způsobu likvidace výrobků na konci životního cyklu. Jediným způsobem, jak tyto problémy odstranit, je jít cestou udržitelného rozvoje. Změna spotřebních a výrobních vzorců tak může pomoci chránit přírodní zdroje. Udržitelná výroba a cirkulární ekonomika jako nedávné paradigma, které je pro výrobce zásadní pro dosažení cílů udržitelného rozvoje. Změna vzorců spotřeby a výroby tak může pomoci chránit přírodní zdroje. Udržitelná výroba a oběhové hospodářství jako nedávné paradigma, které je pro výrobce zásadní k dosažení cílů udržitelného rozvoje. Klíčové výzvy podle Jaegera a Upadhyaye (2020) jsou: Vysoké počáteční náklady na nastavení, složitost dodavatelského řetězce, nedostatečná spolupráce mezi společnostmi, nedostatečné informace pro návrh produktů a procesů, nedostatek dovedností, ústupky v oblasti kvality, dlouhé dodací lhůty na demontáž a vysoké náklady spojené s těmito procesy.

Jak Carvalho a kol. (2019); Yan a kol. (2021) tvrdí, že tyto výzvy můžeme překonávat prostřednictvím implementace technologií Průmyslu 4.0. Použití kyberneticko-fyzikálního systému v inteligentní výrobě může být prospěšné při správném plánování a samotné výrobě. To vede k úsporám zdrojů a nákladů, zvyšuje se přizpůsobivost a dostupnost přírodních zdrojů a minimalizuje negativní dopad na životní prostředí. Menší výrobní dávky umožňují přesnější reakci na poptávkové křivky a snižují

plýtvání. Klíčové principy Průmyslu 4.0 zahrnují decentralizaci, virtualizaci, možnost práce v reálném čase, modularitu a orientaci na služby. Virtualizace umožňuje snížení průmyslového odpadu, usnadňuje implementaci moderních environmentálních postupů, zvyšuje možnosti recyklace a umožňuje pružné reagování na poptávkové křivky a změny v dodávkách energie. Modularita přináší větší využití průmyslových zdrojů a prodlužuje životnost strojů. Orientace na služby může zlepšit využití konečných produktů, zvýšit možnosti recyklace a opakovaného využití.

Podle Liu a De Giovanniho (2019); Vrchota a kol. (2020) lze udržitelnost vnímat jako příležitosti pro nová odvětví průmyslu, která přinášejí konkurenční výhodu v oblasti ochrany životního prostředí. Podniky by měly využívat ekologických a technologických inovací ve svých procesech, produktech a povědomí o tomto tématu s cílem zlepšit svou finanční výkonnost. Zelené inovace procesů, se týkají všech snah spojených s investicemi do technologií Průmyslu 4.0, a které mají dopad na výrobní proces. Příklady těchto investic jsou např. robotika – klíčová technologie procesní inovace, která umožňuje firmám zvýšit efektivitu výrobního procesu snížením množství použitých zdrojů a následně odpadu a snížením spotřeby energie i chybovosti. Ekologická výroba se od tradičního výrobního přístupu odlišuje tím, že klade důraz na přirozený dopad environmentálních směrnic, které skutečně snižují náklady, zvyšují ziskovost a zvyšují konkurenceschopnost podniků.

Mubarak a Petraite (2020); Yadav a kol. (2020) tvrdí, že inovace zaměřené na udržitelnost, které splňují kritéria environmentální bezpečnosti. Tyto inovace se dělí na dvě kategorie: inovace v oblasti procesů a inovace v oblasti zelených produktů. Inovace procesů se zaměřují na implementaci ekologicky šetrných technologií, jako jsou čistící postupy, kontrola emisí, prevence znečištění, environmentální výkonnost a recirkulace. Inovace zelených produktů se pak týkají samotné podstaty nebo účelu výrobků a služeb podniků, které jsou nové nebo významně vylepšené z hlediska ekologického dopadu. V současné době získávají zelené inovace ve výrobním průmyslu stále větší pozornost. Je proto nezbytné vynaložit značné úsilí na minimalizaci odpadu a znečištění v rámci výrobního procesu a maximalizaci využití zdrojů pomocí implementace technologií Průmyslu 4.0. Ve snaze dekarbonizovat průmysl je důležitá role zainteresovaných stran. Je nutné, aby se vedení podniků silně angažovalo a zavázalo k přijetí udržitelnosti. Pro naplnění cílů v oblasti udržitelnosti je nutné pochopit klíčové přínosy a dlouhodobé důsledky – manažeři si musí být vědomi politik podporujících udržitelnost

1.5 Modely připravenosti, dimenze

Caiado a kol. (2021) tvrdí, že řada podniků má za cíl rozvoj Průmyslu 4.0, ale často nemají jasno v tom, co tento cíl přesně znamená, nebo jak k němu přistoupit – případně obojí. Podniky, které aktivně usilují o posun směrem k úplné adopci Průmyslu 4.0, by měly začít tím, že si uvědomí svou současnou úroveň vyspělosti. Použití vhodných metod hodnocení vyspělosti jim pomůže lépe pochopit své aktuální schopnosti v oblasti zdrojů a technologií.

Podle Akdila a kol. (2018) modely připravenosti, resp. vyspělosti představují systematický přístup k hodnocení procesů a organizací v různých oblastech podnikání, který rozděluje vyspělost do diskrétních úrovní. Tyto modely slouží jako cenný nástroj pro posouzení a hodnocení procesů a organizací z různých perspektiv. Rámce vyspělosti mají velký význam při hodnocení organizací, protože poskytují strukturovaný přístup k popisu ideálního postupu pro dosažení požadované změny pomocí postupných fází nebo úrovní. Modely vyspělosti umožňují organizacím provádět audit a srovnávání výsledků hodnocení, monitorovat pokrok směrem k žádoucí úrovni a hodnotit různé prvky organizace, jako jsou její silné a slabé stránky či příležitosti. Proces probíhá pomocí postupného posouvání se skrze posloupnost úrovní vyspělosti, které začínají na základní úrovni a postupně se posouvají k pokročilejším fázím.

Voß a Pawlowski (2019) ve své práci rozlišují pojmy „připravenost“ a „zralost“. Termín "připravenost" odkazuje na stav, ve kterém je někdo plně připraven nebo ochoten něco udělat. Vyjadřuje schopnost být bezprostřední, rychlý nebo pohotový. Lze říci, že popisuje stav zaměřený do budoucna, na něco, co má přijít, nebo na situaci, která je téměř přítomná. Naopak termín "zralost" popisuje stav, kdy je něco dokončeno, dokonalé nebo připravené. Znamená to, že došlo ke konkrétnímu pokroku ve vývoji. "Zralé systémy" (například biologické, organizační nebo technologické) se s časem stále více rozvíjejí a zlepšují své schopnosti s cílem dosáhnout určitého žádoucího stavu v budoucnosti. Zralost lze vyjádřit kvalitativně nebo kvantitativně, buď diskrétním nebo spojitým způsobem.

Mezi základní hodnotící dimenze modelů, které se zaměřují na adopci Průmyslu 4.0, patří oblasti z tabulky č. 1:

Tabulka 1: Hlavní dimenze hodnocení modelů připravenosti

Strategie	• Existence plánu implementace Průmyslu 4.0 • Využití dostupných zdrojů pro digitalizaci a inteligentní automatizaci • Přizpůsobení obchodních modelů
Zákazníci	• Využívání dat o zákaznících • Digitalizace prodeje a služeb • Kompetence zákazníků v oblasti digitálních médií
Produkty	• Personalizace produktů/masová kustomizace • Digitalizace výrobků (výrobek jako služba) • Integrace výrobků do jiných systémů
Leadership	• Ochota managementu podstoupit transformaci • Řízení digitálních kompetencí • Existence centrální strategie pro Průmysl 4.0
Provoz	• Decentralizace procesů • Modelování a simulace • Interdisciplinární spolupráce
Zaměstnanci	• ICT kompetence zaměstnanců • Otevřenost zaměstnanců novým technologiím. • Samostatnost zaměstnanců
Kultura	• Sdílení znalostí • Otevřené inovace a spolupráce mezi podniky • Hodnota informačních a komunikačních technologií ve společnosti
Správa a řízení	• Vhodnost technologických norem • Pracovní předpisy pro Průmysl 4.0. • Ochrana duševního vlastnictví
Technologie	• Existence moderních informačních a komunikačních technologií • Využívání mobilních zařízení • Využívání komunikace mezi stroji (M2M)

Zpracováno podle Schumachera a kol. (2016)

Jak Facchini a kol. (2022) diskutují o konkrétních modelech, které posuzují připravenost podniku na implementaci, včetně hodnocení digitálních schopností společnosti Accenture (DCA), které zkoumá digitální schopnosti potřebné pro konkurenceschopnost na současných i budoucích trzích. Nástroj zohledňuje pět hlavních dimenzí: strategii a vedení, lidi a kulturu, produkty a služby, zákaznickou zkušenost a obchodní podporu. Poskytuje rámec pro základní diagnostiku sedmi schopností a čtyřiceti jedna dílčích schopností, které jsou považovány za klíčové pro digitální zralost.

Dalším příkladem může být Smart Grid Maturity Model (SGMM) (Kapustina a kol. 2020), který zahrnuje pět fází (zkoumání a iniciace; funkční investice; integrace – napříč funkcemi; optimalizace – v rámci celého podniku; inovace - další vlna zlepšení), které jsou aplikovány na osm oblastí (strategie, řízení a regulace; organizace; technologie; společnost a životní prostředí; provoz sítě; práce a správa majetku; řízení zákazníků a zkušenosti; integrace hodnotového řetězce). Digital Maturity model vyvinutý společností Deloitte. Jedná se o první mezipodnikový model zralosti, který slouží k hodnocení digitálních schopností podniků. Pro toto hodnocení se využívá pět základních podnikových dimenzí, jako je zákazník, strategie, technologie, provoz, organizace a kultura, a 28 dílčích dimenzí, například zákaznická zkušenost a bezpečnost. Podrobnosti o jednotlivých stupních modelu nejsou veřejně dostupné (Weber, 2019).

Hizam-Hanafiah a kol. (2020) provedli analýzu celkem třiceti existujících modelů, přičemž identifikovali šest nejčastějších hodnotících dimenzí – technologie, zaměstnanci, strategie, procesy, vedení a inovace. Z výzkumu je dále patrné, že malé a střední podniky obvykle nemají zdroje na implementaci rozsáhlých řešení, a proto mohou využít modely s těmito šesti hlavními dimenzemi ke komplexnímu vyhodnocení své připravenosti na Průmysl 4.0. Dále pak, že výzkum budoucích modelů pro malé i velké organizace lze rozšířit o těchto šest nejčastějších dimenzí. Modely připravenosti obsahující těchto šest nejčastějších dimenzí vyžadují minimální přizpůsobení v různých odvětvích z hlediska implementace a praktičnosti, dochází tak k úspoře nákladů podniků.

1.6 Potravinářský průmysl z hlediska Průmyslu 4.0

Náglová a kol. (2021) uvádějí, že výroba potravin v ČR patří mezi tradiční odvětví zpracovatelského průmyslu. Toto odvětví má strategický význam při zajišťování zásobování obyvatelstva potravinami s důrazem na množství a kvalitu produkovaných potravin. Podle klasifikace CZ-NACE je potravinářský průmysl zařazen do oddílu 10, který se dále dělí do devíti podskupin. V potravinářském průmyslu, který je nasycen podniky, které mezi sebou soutěží, je konkurence trvale vysoká. To je dále zvýrazněno dovozem potravin ze zahraničí, zejména z evropských zemí. Ke zlepšení pravidel na trhu by měla přispět opatření zaměřená na odstranění nekalých obchodních praktik, které se šíří jak z evropských struktur, tak i na národní úrovni.

Podle Godfraye a kol. (2010) inovace v potravinářském průmyslu mají své kořeny hluboko v historii, před několika staletími. Původní používání jednoduchých nástrojů se postupně přeměnilo v používání velkých a vyspělých strojů. Zemědělství a potravinářství je jedním z nejdůležitějších sektorů, generuje téměř 64 % světové produkce potravin s využitím různých typů technologických inovací. Postupem času byly v každém segmentu potravinářského průmyslu zavedeny inovativní postupy s cílem zvýšit efektivitu výroby a snížit ztráty a plýtvání surovinami. Oltra-Mestre a kol. (2021) ve své studii srovnávají dvě španělské zemědělsko-potravinářské společnosti, které využívají stejné kategorie technologií Průmyslu 4.0, ale inovační výstupy jsou již odlišné.

Potravinářský průmysl čelí v souvislosti s technologiemi Průmyslu 4.0 řadě výzev. Jak tvrdí Bigliardi (2021), potravinářský průmysl historicky primárně upřednostňoval snižování výrobních nákladů bez velkého zohledňování potřeb spotřebitelů. Došlo však k významnému posunu, kdy byl potravní řetězec převrácen a přešel z modelu založeného na nabídce na model řízený poptávkou. To znamená, že spotřebitelé nyní diktují výrobcům, co chtějí konzumovat. V důsledku tohoto trendu moderní potravinářské společnosti zavádějí inovace různými způsoby. Augusto (2020) zdůrazňuje odlišnost potravinářského průmyslu ve vztahu k Průmyslu 4.0, tak aby potravinářské podniky dosáhli optimalizace v rámci Průmyslu 4.0, zůstává nezbytností zlepšit naše chápání a charakterizaci jevů, ke kterým dochází během zpracování, při zohlednění všech složitostí, které jsou potravinářským produktům vlastní.

1.7 Stav inovačního prostředí

Většinu z dílčích částí, které dohromady vytváří Průmysl 4.0 a které jsou popsány v přehledu literatury, lze označit za inovace. Inovace produktové, procesní, environmentální a další. Mezi lety 2020 a 2022 inovovalo v České republice 44 % podniků, to je o 13 % méně než v předchozím sledovaném období (2018–2020). V roce 2022 činily celkové investice do zavádění inovací 200 miliard Kč. Ve stejném roce podniky utržily 1715 miliard Kč za inovovanou produkci. Nejvíce inovativní byly firmy působící v oblasti informačních a komunikačních činností, kde inovovalo své produkty nebo procesy 69 % z nich.

Data zobrazená v tabulce č. 2 ukazují procentuální podíl podniků, které realizovaly inovace v období 2020-2022, rozdělené dle velikosti podniků a domácího či zahraničního vlastnictví. Celkově se inovací účastnilo 44,2 % podniků. Ve sledovaném období 27,2 % podniků inovovalo produkty. Z toho 20,9 % inovovalo výrobky a 14,9 % služby. Inovace procesů se týkaly 40,4 % podniků. Pokud jde o vlastnictví podniků, domácí podniky vykazovaly celkovou míru inovací 41,7 %. Podniky pod zahraniční kontrolou vykazovaly vyšší míru inovací.

Velikost podniku rovněž hrála roli v míře inovací. Malé podniky (s 10-49 zaměstnanci) měly celkovou míru inovací 38,0 % a z toho 23,0 % inovovalo produkty. Střední podniky (s 50-249 zaměstnanci) vykazovaly vyšší míru inovací, celkově 57,8 %. Z toho 34,3 % inovovalo produkty, přičemž 27,5 % inovovalo výrobky a 17,6 % služby. Velké podniky (s více než 250 zaměstnanci) vykazují nejvyšší míru inovací. Celkově inovovalo 75,8 % těchto podniků, z toho 57,1 % inovovalo produkty. Konkrétně 46,9 % velkých podniků inovovalo výrobky a 26,3 % služby. Inovace procesů se týkaly 69,9 % velkých podniků.

Celkově data ukazují, že míra inovací byla vyšší u podniků pod zahraniční kontrolou a u větších podniků. Inovace produktů a procesů se týkaly většího podílu těchto podniků ve srovnání s domácími a menšími podniky.

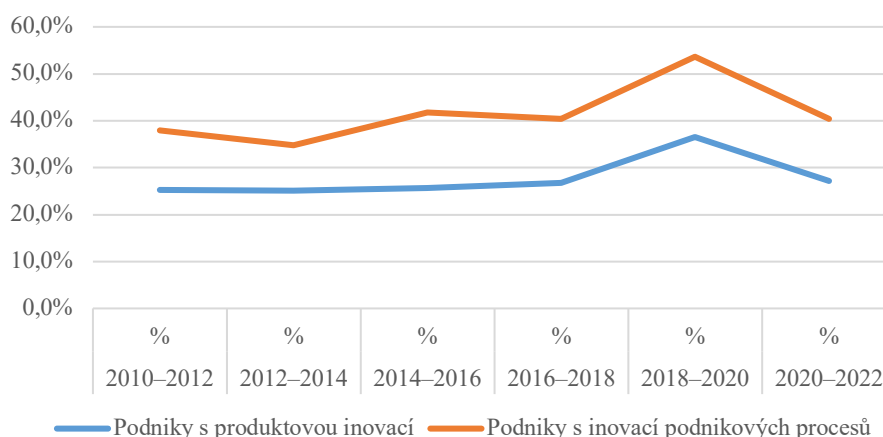
Tabulka 2: Podíl inovujících podniků

Kategorie	Inovace celkem	Inovace produktů celkem	Inovace výrobků	Inovace služeb	Inovace procesů
Celkem	44,2	27,2	20,9	14,9	40,4
domácí podniky	41,7	25,5	19,4	14,1	37,8
podniky pod zahraniční kontrolou	55,7	34,8	27,5	18,4	52,4
malé (10–49)	38	23	17	13,3	34,5
střední (50–249)	57,8	34,3	27,5	17,6	53,6
velké (250 a více)	75,8	57,1	46,9	26,3	69,9

Zdroj: ČSÚ (2024)

Z dlouhodobého horizontu zobrazuje graf č. 1 vývoj podílu podniků s produktovou inovací a inovací podnikových procesů v šesti po sobě jdoucích dvouletých obdobích, od let 2010–2012 až po roky 2020–2022.

Graf 1: Produktové a procesní inovace podniků v čase



Zdroj: ČSÚ (2024)

V případě produktových inovací můžeme sledovat relativně stabilní trend, kdy podíl podniků inovujících své produkty kolísá kolem hodnoty 25 % až 27 %. V období 2010–2012 dosahoval tento podíl 25,3 %, následně se v letech 2012–2014 mírně zvýšil na 26,1 %, aby se v období 2014–2016 opět nepatrně snížil na 25,7 %. V následujících obdobích 2016–2018 a 2018–2020 pokračoval tento trend velmi mírným růstem, kdy podíl podniků s produktovou inovací dosáhl 26,8 % a následně 36,8 %. V posledním sledovaném období 2020–2022 došlo k poklesu na 27,2 %.

V případě podnikových procesů, graf zobrazuje výraznější dynamiku. V období 2010–2012 činil podíl podniků s procesní inovací 37,9 %. Následující období 2012–2014 zaznamenalo mírný pokles na 34,8 %, avšak od té doby byl patrný stálý nárůst. V

posledním sledovaném období 2020–2022 se podíl podniků s inovací podnikových procesů stabilizoval na 40,4 %. Z celkového pohledu graf odhaluje, že procesní inovace se v průběhu času stávaly stále častějšími, zatímco produktové inovace zůstávaly relativně stabilní s mírnými výkyvy.

Data za období 2018-2020 v mezinárodním srovnání ukazují, že průměrný podíl podniků, které inovovaly produkty v rámci celé Evropské unie, činí 28,4 %. V České republice je však tento podíl výrazně vyšší, a to 36,5 %, což řadí Česko nad unijní průměr.

Při porovnání České republiky se Slovenskem je rozdíl ještě výraznější. Zatímco v Česku inovovalo své produkty 36,5 % podniků, na Slovensku to bylo pouze 15,4 %. To ukazuje na výrazně nižší úroveň inovací na Slovensku ve srovnání s Českou republikou.

Pokud se podíváme na ostatní země Visegrádské skupiny (V4), do které kromě Česka a Slovenska patří také Maďarsko a Polsko, vidíme podobný trend. V Maďarsku dosahuje podíl inovujících podniků 20,8 %, zatímco v Polsku je to pouhých 15,4 %. V tomto kontextu Česko vyniká, protože má ve srovnání se všemi ostatními zeměmi Visegrádské skupiny nejvyšší podíl podniků, které se zaměřují na produktové inovace. Tento rozdíl může odrážet rozdílnou úroveň technologického rozvoje, strukturu průmyslu a investice do inovací v jednotlivých zemích V4.

Detailnější pohled na inovační aktivity podniků nabízí tabulka č. 3, která se zaměřuje na zpracovatelský průmysl, kam potravinářský průmysl dle metodiky CZ-NACE řadíme.

Tabulka 3: Inovační aktivity – zpracovatelský průmysl

Odvětví (oddíl CZ-NACE):	Počet podniků	Inovující	Neinovující	Podíl inovujících podniků	Průměrný evidenční počet zaměstnaných osob (tis.)	Tržby za zboží a služby (mld. Kč)
Potravinářský průmysl	1 395	714	680	51,22 %	97,5	499,5
Textilní, oděvní, kožedělný a obuvnický průmysl	597	233	363	39,08 %	36,7	79,4
Dřevozpracující a papírenský průmysl	1 096	397	699	36,19 %	57,8	262,8
Petrochemický a chemický průmysl	252	198	54	78,44 %	30,2	443,6
Farmaceutický průmysl	49	43	5	88,89 %	11,1	63,1
Gumárenský a plastový průmysl	866	419	447	48,41 %	80,9	367,5
Průmysl skla, keramiky, porcelánu a staveb. hmot	427	208	220	48,64 %	49,7	202,6
Výroba kovů, hutních a kovodělných výrobků	2 788	1 158	1 630	41,55 %	179,2	737,9
Elektronický průmysl – výroba elektron. a optick. přístrojů	326	238	87	73,19 %	41,0	331,0
Elektrotechnický průmysl – výroba elektrických zařízení	635	346	288	54,57 %	97,0	400,3
Strojírenský průmysl – výroba strojů a zařízení	1 095	674	421	61,57 %	116,3	436,8
Automobilový průmysl – výroba motorových vozidel	457	274	183	59,86 %	168,1	1 427,3
Výroba ostatních dopravních prostředků a zařízení	146	91	55	62,59 %	24,6	98,9
Ostatní odvětví zpracovatelského průmyslu	1 456	588	868	40,39 %	85,8	239,3

Zdroj: ČSÚ (2024)

Potravinářský průmysl vykazuje podíl inovujících podniků ve výši 51,22 %, to je mírně vyšší podíl než průměrný podíl inovujících podniků ve zpracovatelském průmyslu, který se obvykle pohybuje kolem 50 %. Tento sektor, zaměřený na výrobu a zpracování potravin a nápojů, má tedy nadprůměrný podíl inovací v porovnání s obdobně tradičními odvětvími, jako je textilní nebo dřevozpracující průmysl.

V rámci odvětví se potravinářský průmysl nachází přibližně uprostřed spektra inovační aktivity. Na jednom konci spektra stojí farmaceutický průmysl s mimořádně vysokým podílem inovujících podniků, dosahujícím 88,89 %. Na opačném konci jsou odvětví jako textilní a dřevozpracující průmysl, kde podíl inovujících podniků klesá na 39,08 % a 36,19 %. Potravinářský průmysl generuje tržby ve výši 499,5 miliardy Kč a zaměstnává 97,5 tis osob. a patří tak mezi významná odvětví zpracovatelského průmyslu, ale zaostává za vysoce technologickými sektory, jako je automobilový průmysl generující tržby ve výši 1 427,3 miliardy Kč.

1.7.1 Předpoklady lidských zdrojů

Kapitola 1.2.3 poukazuje na bariéry implementace Průmyslu 4.0. Společným jmenovatelem pro uvedené bariéry je předpoklad připravenosti lidského kapitálu na nastupující průmyslovou revoluci. Vrchota a kol. (2020) ve svém příspěvku uvádějí hlavní předpoklady lidských zdrojů pro Průmysl 4.0:

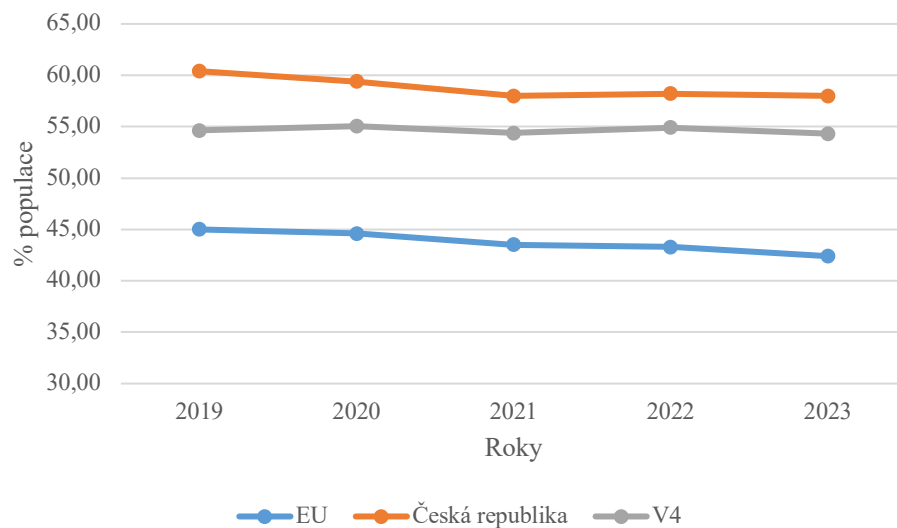
- Struktura obyvatelstva podle úrovně vzdělání
- Úroveň počítačových dovedností
- Dostupnost a využívání internetu
- Flexibilita a přizpůsobivost obyvatelstva
- Podíl zaměstnaných technických pracovníků
- Celoživotní vzdělávání
- Mobilita studentů v terciálním vzdělávání
- Výdaje na vzdělávání
- Počet absolventů technických a přírodovědných oborů
- Počet zaměstnanců v oblasti ICT
- Zaměstnanost v high-tech, medium-high-tech a znalostně náročných odvětvích
- Využívání počítačů studenty

Vybrané ukazatele jsou dále v této kapitole porovnány v rámci EU se zaměřením na sousední státy případně na země V4.

Struktura obyvatelstva podle úrovně vzdělání

Graf č. 2 zobrazuje vývoj procentuálního podílu populace s dosaženým sekundárním vzděláním, pod kterým si lze představit maturitní zkoušku či výuční list. K vyhodnocení byla využita mezinárodní metodika ISCED, přičemž sledovanou úrovní je ISCED L3-L4 (sekundární vzdělání) v letech 2019 až 2023, a to pro: průměr EU, Českou republiku a země Visegrádské čtyřky (V4).

Graf 2: ISCED L3-L4

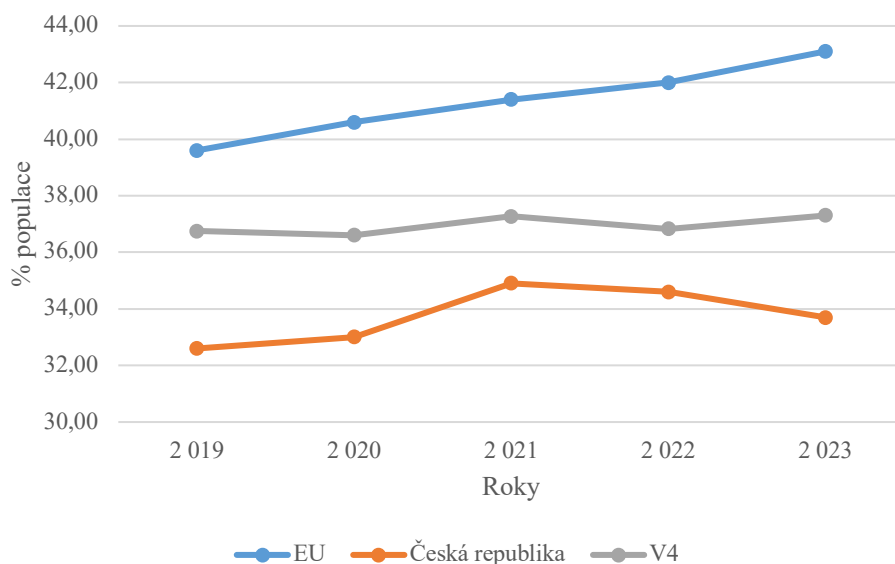


Zdroj: Eurostat (2024)

Z grafu je patrné, že Česká republika vykazuje nejvyšší podíl populace s tímto typem vzdělání, který se pohybuje stabilně okolo 60 % ve sledovaném období. Tento ukazatel může svědčit o silném zaměření na středoškolské vzdělávání v České republice, anebo relativně vyšším zastoupením populace s vyšším stupněm vzdělání ve zbylých státech EU. Nižší podíl tak vykazuje skupina zemí V4, kde se hodnoty pohybují mírně nad 54 %. Na druhé straně průměr EU vykazuje nižší podíl, který se pohybuje kolem 45 % a postupně klesá. Tento trend může naznačovat, že ve srovnání s Českou republikou a zeměmi V4 kladou státy Evropské unie důraz na jiné stupně vzdělání, jako je vysokoškolské.

Graf č. 3 zaměřený na podíl populace s dosaženým terciálním vzděláním ISCED L5-L8 v letech 2019 až 2023 doplňuje předchozí analýzu středoškolského vzdělání. Zatímco v oblasti středoškolského vzdělání (L3-L4) byla Česká republika i země Visegrádské čtyřky (V4) nad průměrem EU, v případě vyššího vzdělání (L5-L8) je tomu naopak.

Graf 3: ISCED L5-L8



Zdroj: Eurostat (2024)

Průměr států EU vykazuje zřetelný rostoucí trend, kdy podíl populace s vyšším vzděláním vzrostl z 39,6 % v roce 2019 na hodnotu 43,1 % v roce 2023. Tento nárůst dokazuje, že v EU dochází ke stále většímu důrazu na terciární vzdělání, což může být spojeno se zvyšující se poptávkou po vysoce kvalifikované pracovní síle. Na rozdíl od tohoto trendu Česká republika vykazuje nižší podíl populace s vyšším vzděláním, pohybující se okolo 32 % až 35 %. Ačkoliv v roce 2021 došlo k mírnému nárůstu, následné roky ukazují stagnaci nebo mírný pokles.

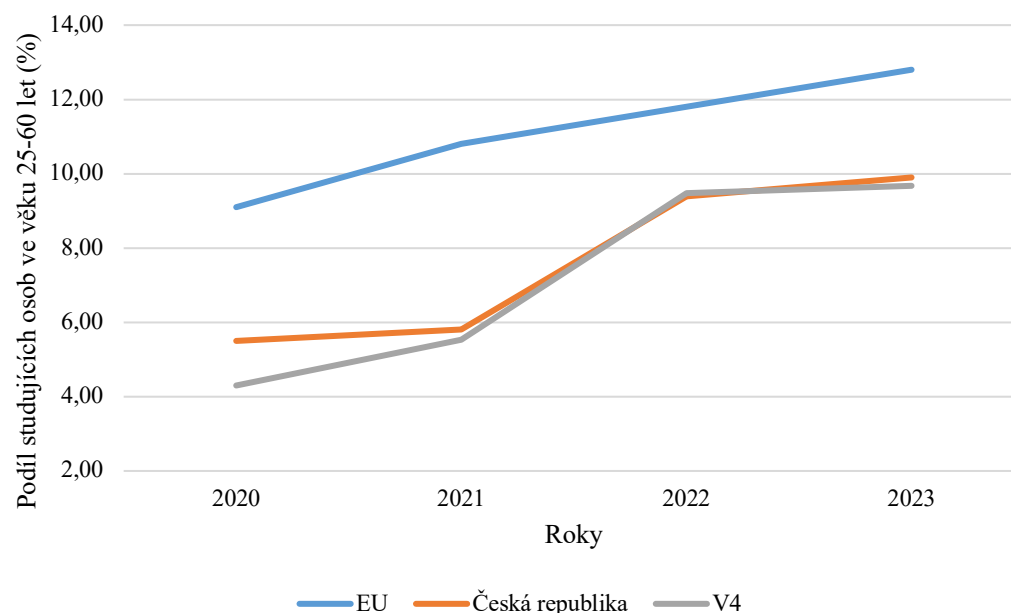
Země Visegrádské čtyřky se pohybují mezi Českou republikou a průměrem EU, s relativně stabilním podílem mezi 36 % až 38 %. I zde je patrná jistá stabilita, která však na rozdíl od EU nevede k růstu. Z dat Eurostatu je patrné, že Maďarsko a Slovensko vykazují podobný trend jako Česká republika, zatímco Polsko mezi lety 2022 a 2023 vykazuje nárůst v kategorii terciárního vzdělání o 4,6 % a převyšuje tak nárůst států EU v celém sledovaném období za pouhý jeden rok.

Celoživotní vzdělávání

V kapitole 1.2.3 je celoživotní vzdělávání uvedeno v kontextu eliminace bariér implementace čtvrté průmyslové revoluce. Graf č. 4 zobrazuje podíl studujících osob ve

věku 25–60 let v letech 2020 až 2023 zapojených do formálního vzdělávání, a to opět pro průměr EU, Českou republiku a země Visegrádské čtyřky (V4).

Graf 4: Podíl studujících osob ve věku 25–60 let



Zdroj: Eurostat (2024)

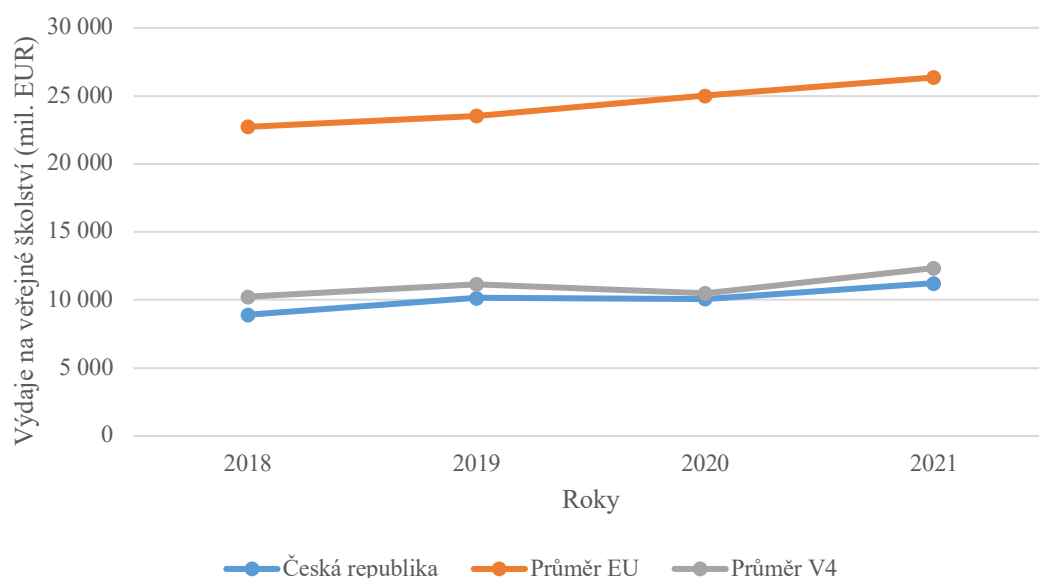
Průměr zemí EU v tomto období vykazuje stabilní růst. Podíl studujících dospělých v EU vzrostl z 9,1 % v roce 2020 na 12,8 % v roce 2023. V České republice byl podíl studujících osob v roce 2020 na úrovni 5,5 %, což je výrazně pod průměrem EU. V následujících letech došlo k výraznému nárůstu na 9,9 % v roce 2023.

Podobný trend je patrný i u zemí V4, kde podíl studujících osob vzrostl z 4,3 % v roce 2020 na 9,7 % v roce 2023. Přestože země V4 začínaly s nižším podílem studujících než Česká republika, dokázaly tento rozdíl rychle dohnat a v roce 2023 již dosahují téměř stejné úrovně jako Česká republika. Z dat ČSÚ dále vyplývá, že více než 56 % podniků poskytuje zaměstnancům určitou formu neformálního vzdělávání nad rámec povinného vzdělávání.

Výdaje na vzdělávání

Dalším z ukazatelů připravenosti lidských zdrojů jsou výdaje na vzdělávání. Graf č. 5 zobrazuje výdaje na veřejné školství v České republice, průměrné výdaje zemí V4 a průměrné výdaje zemí Evropské unie v letech 2018 až 2021, přičemž částky jsou uvedeny v milionech eur. V České republice dochází během tohoto období k postupnému růstu výdajů, kdy se částka z 8 917 milionů eur v roce 2018 zvýšila na 11 244 milionů eur v roce 2021. To představuje nárůst o přibližně 26,1 % za čtyřleté období.

Graf 5: Výdaje na veřejné školství



Zdroj: Eurostat (2024)

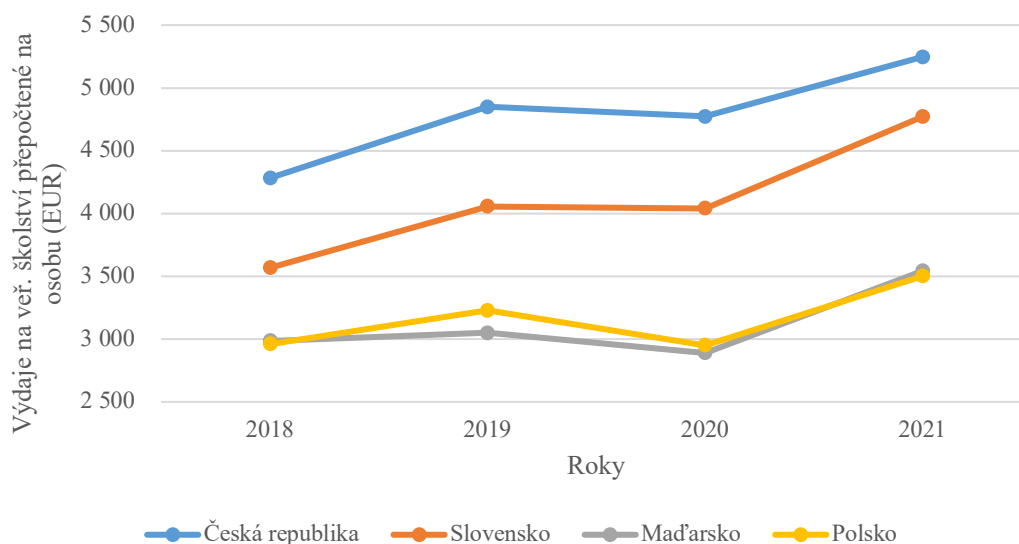
Obdobně i průměrné výdaje na veřejné školství v zemích V4 rostou z 10 245 milionů eur v roce 2018 na 12 350 milionů eur v roce 2021, což představuje nárůst o 20,6 %. I přesto, že v roce 2020 došlo k mírnému poklesu, následované oživením v roce 2021, je růst v zemích V4 o něco pomalejší než v České republice.

Průměrné výdaje zemí Evropské unie jsou po celé sledované období podstatně vyšší než výdaje v České republice a zemích V4. V roce 2018 činily 22 727 milionů eur a do roku 2021 vzrostly na 26 358 milionů eur, to představuje nárůst o 16 %. Tento stabilní růst ukazuje, že nárůst v EU je stabilnější, přesto však relativně nižší v procentech oproti ČR.

Výše uvedená data poskytují základní pohled na výdaje do veřejného školství, avšak postrádají informaci o velikosti populace. Data byla tedy přepočítána s ohledem na

počty studentů v jednotlivých státech EU, a to v kategoriích předškolního vzdělávání až terciálního vzdělávání. Výsledky zobrazuje graf č. 6.

Graf 6: Výdaje na veřejné školství v přepočtu na studenta



Zdroj: Eurostat (2024)

Česká republika vykazuje nejvyšší výdaje na osobu mezi sledovanými zeměmi po celé období. V roce 2018 činily výdaje 4 283 eur na studenta, a do roku 2021 se zvýšily na 5 247 eur, což představuje nárůst o přibližně 22,5 %. Na Slovensku byly výdaje na jednu osobu v roce 2018 nižší než v České republice, podobně jako v celém sledovaném období. Pozorovatelný nárůst o 33,8 % je vyšší než v České republice, i když Slovensko stále zaostává za ČR v absolutní výši výdajů na studenta.

Maďarsko a Polsko mají v porovnání s Českem a Slovenskem nižší výdaje na osobu a ve sledovaném období dosahují obě země růstu ve výdajích na osobu o více než 18 %. Můžeme pozorovat, že zatímco nárůst výdajů na studenta v Maďarsku a Polsku je relativně mírný, Slovensko zaznamenalo největší procentuální růst. Přesto zůstávají Maďarsko a Polsko na nižší úrovni výdajů na studenta ve srovnání s Českou republikou a Slovenskem, což může signalizovat rozdíly v prioritách a možná také efektivnosti výdajů na vzdělávání v těchto zemích.

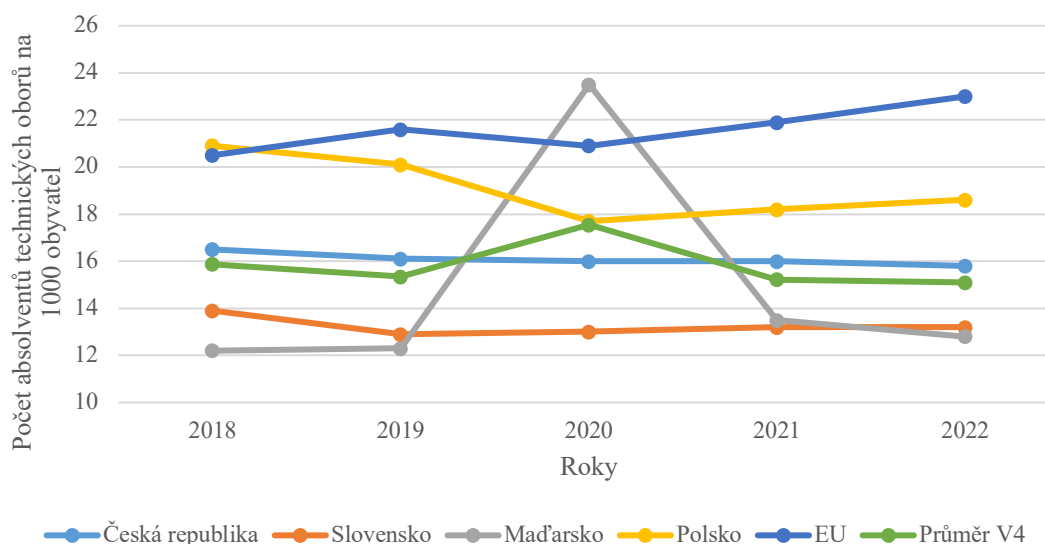
Počet absolventů technických oborů

Absolventi technických oborů jsou pro podniky kritickým vstupem v procesu digitalizace podniků v kontextu Průmyslu 4.0. Data Eurostatu (2024) poskytují informace

o počtu absolventů terciálního vzdělávání ve vědních oborech matematice, informatice, inženýrství a stavebnictví.

Graf č. 7 znázorňuje počet absolventů technických oborů na 1000 obyvatel v letech 2018 až 2022 v České republice, Slovensku, Maďarsku a Polsku, s porovnáním průměru Evropské unie (EU) a průměru zemí Visegrádské čtyřky (V4).

Graf 7: Počet absolventů technických oborů



Zdroj: Eurostat (2024)

Z dat vyplývá, že počet absolventů v České republice vykazuje klesající, či neutrální trend v celém sledovaném období. V roce 2018 bylo v ČR na 1000 obyvatel 16,5 absolventů technických oborů, zatímco v roce 2022 tento počet klesl na 15,8.

Slovensko vykazuje také pokles – z hodnoty 13,9 v roce 2018 počet absolventů klesl na 12,9 v roce 2019 a od té doby se pohybuje kolem 13,2 na 1000 obyvatel, data tak signalizují jistou stabilizaci po poklesu mezi lety 2018-2019. Maďarsko je specifické tím, že v roce 2020 zažilo dramatický nárůst na 23,5 absolventů na 1000 obyvatel, což je mimořádně vysoká hodnota v porovnání s ostatními zeměmi. Důvodem, dle dostupných informací (Eurostat, 2023), byla reakce na pandemickou situaci, kdy vláda přijala mimořádné opatření v reakci na pandemii COVID-19. Toto opatření umožnilo studentům, kteří splnili všechny požadavky na získání diplomu, ale neměli složenou povinnou jazykovou zkoušku, získat diplom bez této zkoušky. Opatření se vztahovalo nejen na studenty, kteří dokončili studium v roce 2020, ale i na ty, kteří již dříve složili závěrečnou zkoušku, ale

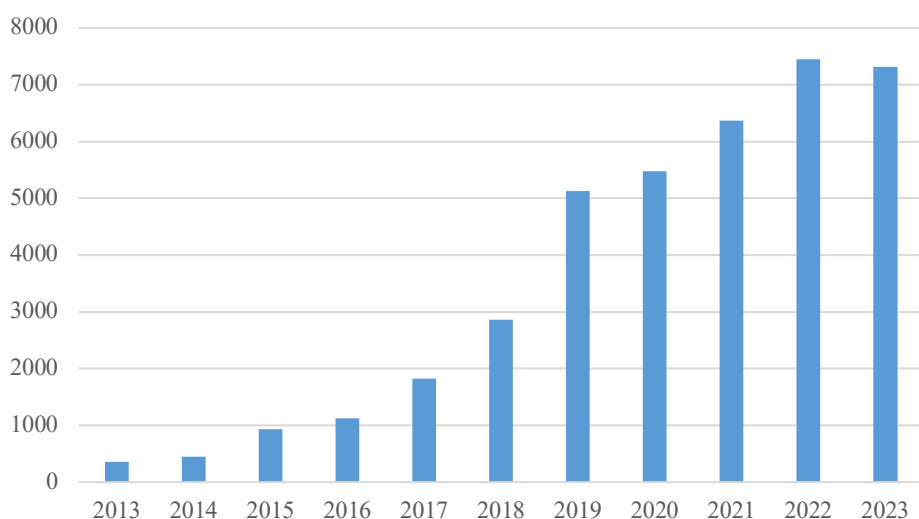
dosud nezískali diplom kvůli nesplnění jazykové povinnosti. Tento skok byl však krátkodobý a v následujících letech se počet absolventů vrátil na úroveň kolem 12-13, podobně jako před rokem 2020.

V případě Polska opět pozorujeme pokles počtu absolventů technických oborů mezi lety 2018 a 2020, kdy počet klesl z 20,9 na 17,7 absolventů na 1000 obyvatel. Od té doby však Polsko vykazuje mírný nárůst, dosahující v roce 2022 hodnoty 18,6. Průměr zemí Visegrádské čtyřky, pak z pochopitelných důvodů ukazuje celkový pokles v průběhu sledovaného období, s výjimkou roku 2020, kdy došlo k mírnému vzestupu především kvůli výraznému nárůstu v Maďarsku. Na úrovni Evropské unie je patrný celkový stabilní trend s mírným nárůstem, kdy počet absolventů vzrostl z 20,5 na 23 na 1000 obyvatel mezi roky 2018 a 2022. To ukazuje na rostoucí zájem o technické obory v rámci celé EU, na rozdíl od většiny zemí V4, kde tento trend není tak výrazný nebo dokonce klesá.

1.8 Mezera výzkumu

Oblast výzkumu, tedy téma Průmysl 4.0, za poslední desetiletí nabyla na popularitě, jak dokládají příspěvky Majiwala a Kanta (2023); Sierra-Henao a kol. (2020); Sikandar a kol. (2021). Všechny tyto studie potvrzují rostoucí trend v počtu příspěvků o Průmyslu 4.0. Toto tvrzení je dále podpořeno grafem č. 8, který zobrazuje počet publikací obsahujících v názvu klíčové slovo „Industry 4.0“.

Graf 8: Počet publikací WOS



Zdroj: vlastní zpracování dle Web of Science (2024)

Systematický přehled literatury popisuje ucelený koncept Průmyslu 4.0, ale jak Ortt a kol. (2020) ve své studii uvádějí - implementace Průmyslu 4.0 se liší podle odvětví a typu firmy. Tyto výsledky podporují formulaci specifických implementačních procesů pro různé společnosti. Skutečnost, že má smysl zkoumat implementaci v závislosti na odvětví, potvrzuje i Zheng a kol. (2019), kteří ve své studii docházejí k závěru, že úroveň znalostí každé technologie automaticky nevede k jejímu přijetí. Některé technologie jsou dobře známé, ale méně použitelné v konkrétních společnostech. V tomto případě může být vysoká úroveň znalostí spojena s nízkou úrovní osvojení.

Bartoš (2017) uvádí výzvy, kterým čelí potravinářský průmysl na rozdíl od jiných odvětví. Potravinářský průmysl v současné době usiluje o plně automatizovaný výrobní proces, podobný tomu, jaký najdeme například v automobilovém průmyslu. Existuje však několik důležitých rozdílů. V potravinářském průmyslu musí systémy zajistit nejen sledování jednotlivých složek, ale také sledování spotřeby, správu vzorků, dávkování, monitorování životního prostředí a dodržování HACCP. Výrobní linky by měly být schopny

samostatně řídit a kontrolovat dostupnost surovin pro konkrétní produkt. V potravinářském průmyslu jsou však často problémem suroviny, protože mnohé z nich jsou sypké nebo tekuté a je obtížné je identifikovat pomocí čipů RFID. V některých případech jsou však tyto obtíže řešeny použitím nádob, které lze snadno vybavit zmíněnými čipy. Bigliardi (2021) uvádí, že potravinářský průmysl je stále více orientován na zákazníka a vyvolává potřebu rychlejší reakce, aby se vypořádal s dynamickými a kolaborativními dodavatelskými řetězci.

Z dostupných zdrojů je možné vybrat výzkumy, které se věnují výzkumu Průmyslu 4.0 v oblasti potravinářského průmyslu. Konur a kol. (2023) se výzkumem zaměřili na podnik s více než 50 zaměstnanci a dlouholetou tradicí, který se zaměřuje na výrobu krekrů a sušenek ve Velké Británii. Závěrem výzkumu je, že implementace technologií Industry 4.0 v tradičním potravinářském podniku výrazně zlepšuje konkurenceschopnost, i když je tato technologie stále podceňována u tradičních malých a středních podniků. Implementovaný systém umožňuje přesnou předpověď podmínek pečení pro dosažení konzistentní kvality výrobků.

Calabrese a kol. (2021) ve svém příspěvku prezentují SWOT matici ve vztahu k implementaci Průmyslu 4.0 na základě rozhovorů s 39 manažery. Potravinářský průmysl vykazuje ve výzkumu ve SWOT analýze nejvyššího skóre u hrozeb a ohrožení, naopak nevykazuje žádné rozdíly vůči ostatním sektorům v silných stránkách a příležitostech. V případě vybraného podniku pak autor uvádí, že snížení nákladů na logistiku a skladování s ohledem na implementaci Průmyslu 4.0 mělo za následek vytlačení menších konkurentů z trhu.

Savastano a kol (2018) se v případové studii zaměřili na využití 3D tisku na výrobu těstovin. Společnost Barilla, tradiční výrobce těstovin v Itálii, využívá 3D tisk k výrobě těstovin k uspokojení specifických potřeb a požadavků zákazníků. 3D tisk umožňuje velmi rychle přizpůsobit tvar, barva a chuť těstovin.

Effendi a kol. (2023) prezentují výzkum, kterého se zúčastnilo 121 podniků potravinářského průmyslu. Autor uvádí, že 65 % využívá data o zákaznících k přizpůsobení nabídek a také, že podniky, které adoptovaly technologie Průmysl 4.0 vykazují nárůst zisků ve srovnání s těmi, které tak neučinili. Podniky, které využívají digitální technologie, nejen zlepšují svou provozní efektivitu, ale také podporují hlubší zapojení zákazníků. Výzkum ukazuje, že faktory jako obchodní partnerství, kompetence

lidských zdrojů a marketingové inovace hrají důležitou roli ve výkonnosti malých podniků a také poukazuje na heterogenitu přijímání Průmyslu 4.0.

2 Metodologie

2.1 Cíl

Hlavním cílem disertační práce je navrhnout metodický postup k hodnocení připravenosti podniků v ČR na Průmysl 4.0 se zaměřením na potravinářský průmysl. Hlavní cíl práce lze rozdělit na tři dílčí cíle práce, a to: C1: Vymezení pojmu Industry 4.0, C2: Analýza současného stavu připravenosti podniků v České republice na zavedení Průmyslu 4.0 a C3: Komparace získaných dat s aktuálními výzkumy dané problematiky v mezinárodním kontextu.

Systematický literární přehled naplňuje první dílčí cíl (C1) příspěvku tím, že definuje koncept Průmysl 4.0 s využitím adekvátních a aktuálních zdrojů v kapitole 1.2.2. Ve vztahu k výzkumné části ústí systematický přehled literatury v definici výzkumné mezery, jak ji popisuje např. Tranfield a kol. (2003). Na základě systematického přehledu literatury lze formulovat následující výzkumné otázky, které jsou dále podpořeny uvedenými výzkumy:

Jaké jsou hlavní oblasti, ve kterých potravinářské podniky vykazují určitou připravenost ve vztahu k Průmyslu 4.0? (Mittal a kol. 2018; Akyazi a kol. 2020)

Jaké bariéry představují nejčastější důvody k nerealizování Průmyslu 4.0? (Ślusarczyk, 2018; Horváth a Szabó, 2019)

Jaké motivátory jsou nejčastější ve vztahu k implementaci Průmyslu 4.0?

(Müller a kol. 2018; Stentoft a kol. 2019)

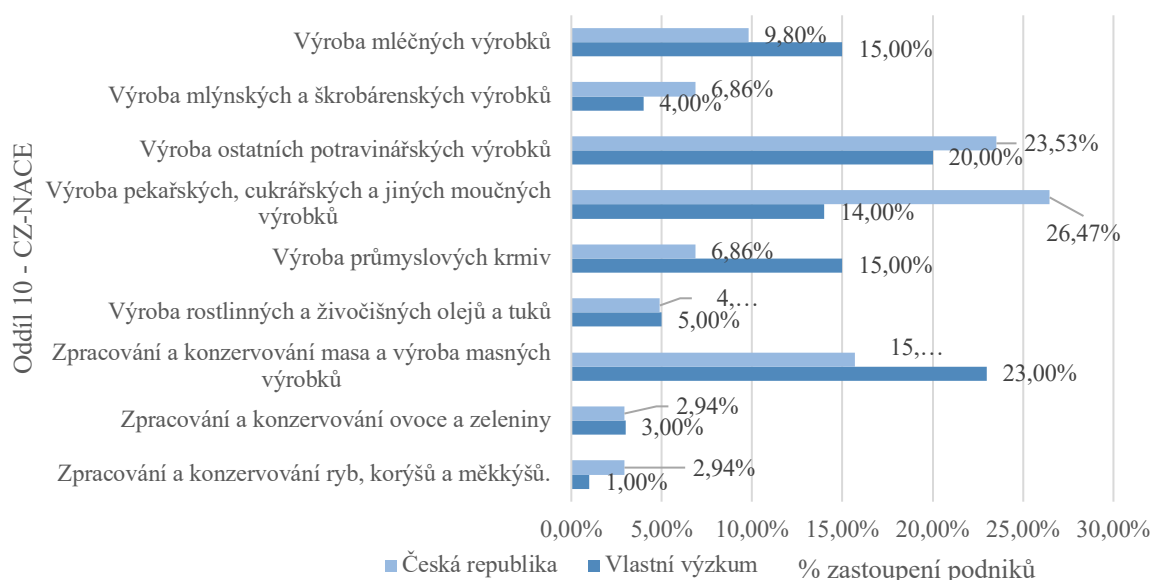
Jaká je úroveň technologií? Jaké jsou nároky na management? (Dalenogare a kol. 2018; Piccarozzi a kol. 2018)

Analýza získaných dat umožňuje naplnění dílčího cíle C2 a zodpovězení výzkumných otázek, tedy samotný výzkum, který se zaměřil na připravenost potravinářských podniků v oblastech strategie, vedení, zákazníků, produktu, kultury, zaměstnanců a technologií. Tyto dimenze hodnocení byly zvoleny podle Schumachera a kol. (2016). V neposlední řadě jsou výsledky výzkumu doplněny a porovnány s především zahraničními výzkumy s využitím adekvátních a aktuálních zdrojů (C3).

2.2 Zdroj dat

Výzkum se zaměřil na oblast potravinářských podniků v České republice. Práce pracuje s daty 102 potravinářských podniků, přičemž jsou zastoupeny všechny velikosti podniků (23 % velkých podniků, 77 % MSP). Sběr dat proběhl v březnu roku 2021. Všechny podniky působí v České republice a 82 % firem má i tržby ze zahraničí. Průměrný počet zaměstnanců podniku ve vzorku je 165 a rozložení hlavních ekonomických činností zobrazuje graf č. 9.

Graf 9: Výzkum distribuce dat/CZ-NACE



Zdroj: vlastní zpracování, Náglová a kol. (2021)

Respondenti byli osloveni prostřednictvím přímého odkazu na dotazník, přičemž dotazník byl adresován manažerům odpovědným za oblast výroby či provozním ředitelům, případně blízkým ekvivalentům těchto pozic. Z celkového počtu 229 oslovených podniků bylo získáno 102 odpovědí. S ohledem na zaměření výzkumu byly osloveny podniky spadající do kategorie C, konkrétně podniky sekce 10 klasifikace CZ-NACE. Pro dosažení stratifikovaného vzorku, jehož hlavní výhodou je podle Acharya a kol. (2013) zajištění zastoupení všech potřebných skupin v populaci, byl výzkumný vzorek záměrně osloven tak, aby co nejlépe reprezentoval skutečné zastoupení potravinářských podniků v ČR. Graf č. 8 zobrazuje rozložení dat, konkrétně zastoupení kategorií potravinářského průmyslu v ČR podle metodiky CZ-NACE Náglová a kol. (2021), stejně jako zastoupení podniků v provedeném výzkumu. Z údajů vyplývá, že největší rozdíl v zastoupení jednotlivých podskupin oddílu 10 najdeme ve skupinách s

označením Výroba pekařských, cukrářských a jiných moučných výrobků, Výroba průmyslových krmiv a Zpracování a konzervování masa a výroba masných výrobků. Výzkum byl realizován v rámci GAJU 065/2021/S.

2.3 Design výzkumu

Prvním krokem k sepsání disertační práce je sestavení literárního přehledu. Systematická rešerše umožňuje získat vyšší míru znalostí o dané problematice, umožňuje propojení a prostor pro odborníky a také poskytuje jistý prostor pro eliminaci předpojatosti (Pittaway a kol. 2004). Systematické vyhledávání zdrojů literatury je podle Pittawaye a kol. (2004) charakterizována rovností – neupřednostňují se dané zdroje před jinými, dostupností – literární přehled je sestaven s využitím dostupných databází dále pak transparentností či zřejmostí, kdy jsou jasně prezentovány jednotlivé kroky pro případnou revizi uskutečněných kroků s odkazem na seznam literárních a dalších zdrojů. K sepsání literární rešerše bude využito studium odborné literatury s využitím světových vědeckých databází, konzultací či poznatků z vědeckých konferencí. Hlavním cílem literárního přehledu je vymezení pojmu Industry 4.0 a vytvoření teoretického základu, východisek pro výzkumnou část disertační práce.

Druhým krokem je sběr dat, který byl řešen v rámci GAJU 065/2021/S se zaměřením na malé a střední podniky za pomoci kvantitativního i kvalitativního výzkumu. Kvantitativní výzkum má dle Pavlica (2000) tyto vybrané části: formulace vědeckého problému, formulace hypotéz, výběr vzorku, předvýzkum, sběr a analýza dat, závěr. Uvedený metodický postup je východiskem pro realizovaný výzkum, včetně předvýzkumu, který je proveden na vzorku 8-10 podniků, na jehož základě byl metodický postup upřesněn a aplikován na konečných 102 podniků.

K získání relevantních dat byl použit dotazník jako metoda písemného formalizovaného rozhovoru. Dotazník se skládá celkem z 21 otázek a obsahuje všechny možné formy otázek – tedy uzavřené, otevřené i škálové a je přílohou této práce. První část otázek (5) je nedílnou součástí dotazování, neboť umožňují validaci získaných vstupů pro výzkum a zároveň dochází k elementárnímu rozlišení firem, ať už pro popisnou statistiku nebo další statistické metody. Příkladem může být dotaz na převažující ekonomickou aktivitu, která jasně vymezuje rozložení vzorku podle metodiky CZ-NACE, nebo dotaz na počet zaměstnanců, který je nezbytný pro výzkum v oblasti managementu. Druhá část formulovaných otázek je založena na následujících výzkumech: Gurjanov a kol. (2018);

Schumacher a kol. (2016) ; Schmidt a kol. (2015); Stojkic a kol. (2016); Armengaud a kol. (2017); Wang a kol. (2017); Xu a Duan (2019); Frank a kol. (2019); Santos a kol. (2017); Sony a Naik (2019); Zawadzki a Żywicki (2016); Müller a Däschle (2018) ; Lorenz a kol. (2018); Trstenjak a Cosic (2017); Ibarra a kol. (2018); Gunasekaran a kol. (2019); Prifti a kol. (2017); Bolisani a Bratianu (2018); Santoro a kol. (2018) s výjimkou otázky na ovlivnění činnosti podniku v důsledku pandemie. Otázka dopadu pandemie je v práci použita ve formě citací ve smyslu různorodosti dopadů na podniky potravinářského průmyslu a není součástí podrobné analýzy. Podrobný popis dotazníku včetně odkazů na posuzované dimenze či typy použitých otázek je součástí přílohy, stejně jako případové studie. Po úvodním testování a provedeném předvýzkumu byly rozměry dotazníku zmenšeny tak, aby se obsah dotazníku zredukoval na výsledných dvacet jedna otázek. Dimenze „Governance“ tedy není v provedeném výzkumu zohledněna a dimenze „Operations“ byla rozložena na dimenze Vedení a Produkt.

V případě výběru podniků pro případové studie je postupováno dle Yina (2007), který zdůrazňuje, že volba případů musí být v souladu s výzkumnými otázkami a cíli výzkumu. Pro výběr podniků byl zvolen účelový výběr, ve kterém nejsou případy vybírány náhodně, ale záměrně tak, aby přispěly k lepšímu pochopení dané problematiky. V případě této práce byl výběr firem ovlivněn také osobními a profesními kontakty, které umožnily získat potřebné informace a zajistily přístup k datům, která by jinak byla obtížně dostupná. V případových studiích jsou zastoupeny všechny velikosti podniků.

Část výsledků pochází z výzkumu, který se zaměřil na připravenost podniků v oblastech strategie, vedení, zákazníků, produktu, kultury, zaměstnanců a technologií. Aby bylo možné odpovědět na výzkumné otázky a naplnit cíl práce, tak je využíváno statistické metody Pearsonovy a Spearmanovy korelace s nulovou hypotézou $H_0: \rho=0$, k posouzení vztahů mezi dimenzemi, stejně jako vhodnosti dat pro faktorovou analýzu (Child, 2006) pomocí Bartlettova testu sféricity (He a kol. 2010) a velikosti vzorku pomocí Kaiser-Meyer-Olkinovy míry adekvátnosti výběru (Cohen, 2013). Pro zkoumání rozdílů mezi dvěma nezávislými skupinami se využívá Mann-Whitney U test (Milenović, 2011), a také shluková analýza (Řezánková, 2007). Pro analýzu kvalitativních dat z dotazníku je využito metody kódování (Hendl, 2005).

Januarty a kol. (2023) uvádějí, že etické aspekty výzkumu Průmyslu 4.0 jsou zásadní pro zajištění vhodného a udržitelného provozu. Salamanca a kol. (2023) dodávají,

že zavádění technologií Průmyslu 4.0, jako jsou automatizované digitální systémy a kybernetické fyzické systémy, vyvolává etická dilemata související se zneužitím dat, stresem, sociální interakcí a lidským dohledem. Je důležité analyzovat a vyhodnotit implementaci těchto systémů. Iqbal a Rahim (2021) dodávají, že etika je klíčovým aspektem Průmyslu 4.0 a faktory jako lepší software/hardware, snížení výrobních nákladů a povědomí o vládních politikách podpory přispívají k eticky udržitelné výrobě v digitální éře. Jimenez a kol. (2022) tvrdí, že začlenění etiky do řízení výkonnosti v odvětví je zásadní pro řešení potenciálních rizik souvisejících s nesprávným řízením ochrany osobních údajů, politikami dohledu, diskriminací a automatizovanými hodnoceními v kontextu Průmyslu 4.0.

Výzkum prováděný v této studii byl proveden v souladu s etickými zásadami a výzkumnými standardy. Shromážděná data byla řádně chráněna v souladu s platnými zákony. Všechny výsledky byly prezentovány spravedlivě a objektivně.

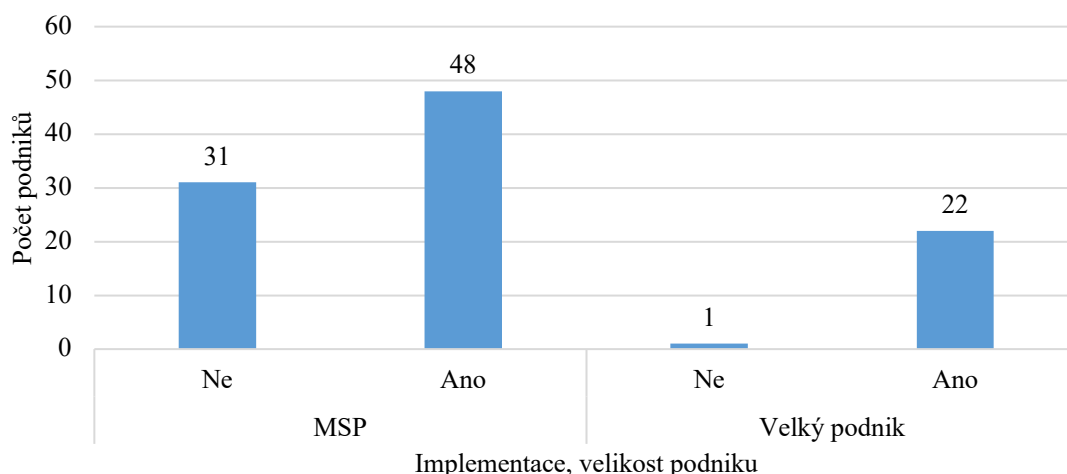
3 Vlastní práce

Výzkumná část práce je členěna, analyzována a vyhodnocována dle jednotlivých dimenzí tak, jak jsou definovány v literárním přehledu a metodické části. Každé dimenzi jsou přímo alokovány dvě otázky z dotazníku, který je součástí příloh práce, a to včetně detailního popisu a vztahu dimenzí k jednotlivým otázkám.

3.1 Dimenze: Strategie

Metodický postup práce popisuje, jakým způsobem byly jednotlivé otázky přiřazeny ke zkoumaným dimenzím, přičemž kompletní znění dotazníku je přílohou této práce. Dimenzi „Strategie“ byly přímo alokovány dvě otázky z dotazníkového šetření a to „Uvažujete o implementaci Průmyslu 4.0 ve vašem podniku?“ a druhá otázka „Máte ve vaší společnosti vypracovanou podnikovou strategii?“. Rozložení dat na první zmíněnou otázku zobrazuje graf č. 10.

Graf 10: Rozložení dat – implementace Průmyslu 4.0

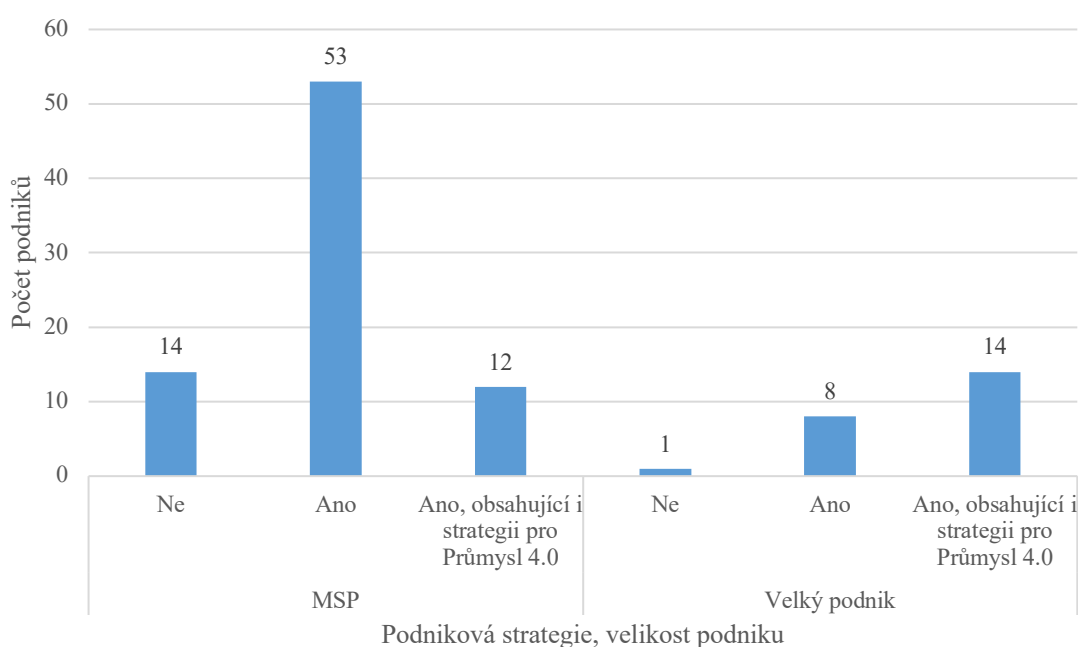


Zdroj: vlastní zpracování

Graf zobrazuje odpovědi na otázku „Uvažujete o implementaci Průmyslu 4.0 ve vašem podniku?“, přičemž odpovědi na otázku jsou seskupeny dle velikosti podniku vyjádřené počtem zaměstnanců. Malé a střední podniky (MSP) ukazují smíšené výsledky, kde 31 podniků odpovědělo „Ne“ a 48 podniků odpovědělo „Ano“, to znamená, že 61 % MSP uvažuje o implementaci Průmyslu 4.0. U velkých podniků je situace podobná, avšak jednoznačnější – 22 velkých podniků odpovědělo kladně, zatímco pouze 1 podnik odpověděl negativně. Tento vzor může naznačovat, že zájem o implementaci Průmyslu 4.0 roste s velikostí podniku.

Druhou otázkou navázanou na dimenzi Strategie byla: „Máte ve vaší společnosti vypracovanou podnikovou strategii?“. V grafu č. 11 je možné pozorovat rozložení dat na zmíněnou otázku. Malé a střední podniky (MSP) ukazují nejrozmanitější výsledky: 53 podniků uvedlo, že mají podnikovou strategii, která však nezahrnuje strategii pro Průmysl 4.0, zatímco 12 MSP má strategii, která již zahrnuje i Průmysl 4.0. Dalších 14 MSP uvedlo, že žádnou strategii nemají.

Graf 11: Rozložení dat – podniková strategie



Zdroj: vlastní zpracování

U velkých podniků odpovědělo osm podniků, že mají podnikovou strategii bez zahrnutí Průmyslu 4.0, a 14 podniků uvedlo, že jejich strategie zahrnuje i Průmysl 4.0. Pouze jeden velký podnik uvedl, že nemá žádnou podnikovou strategii. Z grafu je patrné, že větší podniky častěji disponují podnikovou strategií, přičemž u části z nich je tato strategie rozšířena i o aspekty Průmyslu 4.0.

Přidání proměnné velikosti podniku do úvodní popisné statistiky v obou případech ukazuje na zásadní rozdíly v odpovědích právě s ohledem na velikost podniku vyjádřenou počtem zaměstnanců. Dalším logickým krokem je tak testování nulové hypotézy předpokládající neexistenci rozdílu mezi velikostí podniku vyjádřenou počtem zaměstnanců a možné implementaci Průmyslu 4.0.

Tabulka 4: Výpočet MWU – velikost podniku/implementace

MWU	H0: Neexistuje rozdíl mezi počtem zaměstnanců podniků, které uvažují o implementaci Průmyslu 4.0 a podniky které o implementaci neuvažují.			
	H1: Existuje rozdíl mezi počtem zaměstnanců podniků, které uvažují o implementaci Průmyslu 4.0 a podniky, které o implementaci neuvažují.			
	U	Z	p-value	H0
Počet zaměstnanců	494.500	-4.514	<0,001	zamítnuta

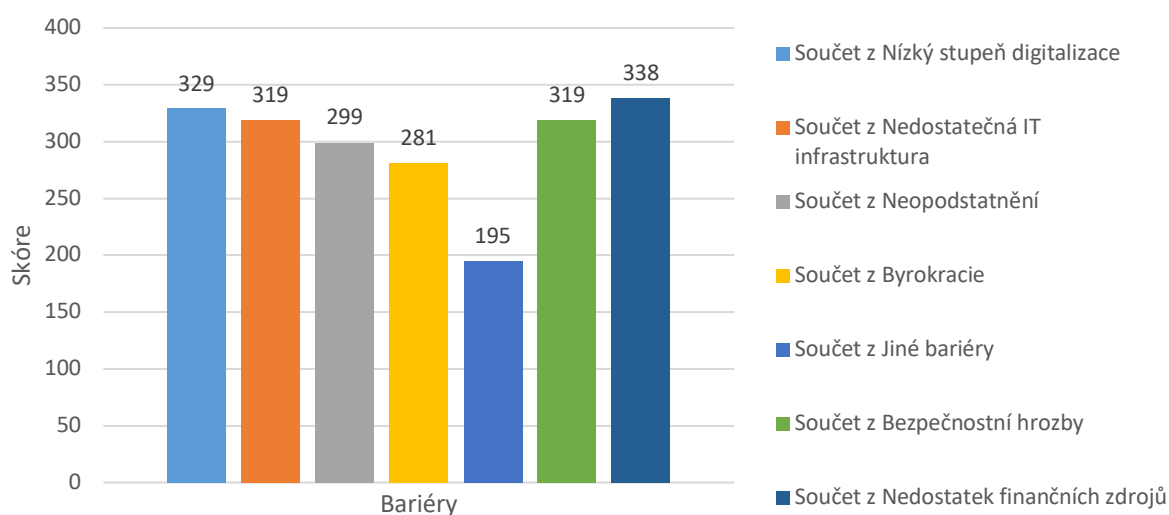
Zdroj: vlastní zpracování

Na základě dostupných dat a zvolené hladině významnosti $\alpha = 0,05$ lze konstatovat, že existuje významný rozdíl v počtu zaměstnanců mezi podniky, které zvažují či nezvažují implementaci Průmyslu 4.0. Tento závěr je dále podpořen porovnáním mediánů. Medián počtu zaměstnanců v podnicích, které neuvažují o implementaci Průmyslu 4.0, je 26,5, zatímco medián v podnicích, které o implementaci uvažují, je 82,5. To ukazuje, že podniky, které uvažují o implementaci Průmyslu 4.0, mají spíše více zaměstnanců než ty, které o implementaci neuvažují.

Opustíme-li pohled na implementaci Průmyslu 4.0 optikou velikosti podniku, nabízí se analýza bariér zavádění Průmyslu 4.0. Jak mimo jiné uvádějí Bajic a kol. (2021) nedostatečná strategie, absence systematického přístupu a sladění technologických výzev s podnikovou strategií jsou pro úspěšnou implementaci kritické oblasti. Ověření závislosti strategie a vůle implementovat nabízí Fisherův exaktní test s nulovou hypotézou o nezávislosti obou proměnných. Na základě dostupných dat a zvolené hladině významnosti $\alpha = 0,05$ se podařilo zamítnout nulovou hypotézu ve prospěch alternativní s p-value <0,001. Existence strategie a vůle implementovat jsou závislé proměnné.

Kapitola 1.2.3. se věnuje bariérám implementace. Na základě výzkumů uvedených v metodické části byly definovány hlavní oblasti bariér, které stojí v cestě podnikům k úspěšné implementaci. Rozložení dat s odpověďmi na otázku „S jakými bariérami jste se setkali v průběhu implementace?“ v maticovém uspořádání nabývajících hodnot 1-5 (5=významně) poskytuje graf č. 12.

Graf 12: Rozložení dat – bariéry implementace



Zdroj: vlastní zpracování

Z grafu je patrné, že nejvýznamnější bariérou, kterou podniky identifikovaly, je nedostatek finančních zdrojů, který dosáhl nejvyššího skóre 338 bodů. Bez hlubší analýzy lze tak konstatovat, že finanční omezení jsou pro podniky největší překážkou při zavádění nových technologií a postupů spojených s Průmyslem 4.0 následované nízkým stupněm digitalizace.

Další významné bariéry, které se umístily na třetím místě s rovnoměrným skóre 319 bodů, jsou nedostatečná IT infrastruktura a bezpečnostní hrozby. Nedostatečnou technickou připravenost společně s neznalostí benefitů Průmyslu 4.0 uvádí také Ali a Aboelmaged (2022) v kontextu potravinářských podniků. Byrokracie byla ohodnocena 281 body, což svědčí o tom, že organizační překážky a složitost procesů jsou také významným problémem, i když méně důležitým než finanční a technologické faktory. Naopak, nízký stupeň digitalizace a „Jiné“ bariéry dosáhly nižšího skóre, konkrétně 195 a 102 bodů, což naznačuje, že tyto překážky jsou vnímány jako méně významné ve srovnání s ostatními.

Analýze bariér implementace Průmyslu 4.0 dále pokračuje výpočtem korelační matice testem závislosti v tabulce č. 5, s nulovou hypotézou svědčící o nezávislosti proměnných.

Tabulka 5: Pearson – bariéry implementace

		Nízký stupeň digitalizace	Nedostatek finančních zdrojů	Neopodstatnění	Bezpečnostní hrozby	Nedostatečná IT infrastruktura	Byrokracie	Jiné	Počet zaměstnanců
Nízký stupeň digitalizace	Pearson Correlation	1	0.376	0.236	0,076	0.226*	0.318*	0,189	-0.281*
	Sig. (2-tailed)		0,000	0,017	0,445	0,022	0,001	0,057	0,004
Nedostatek finančních zdrojů	Pearson Correlation	0.376*	1	0,066	0,082	0,086	0,047	0,032	-0.318*
	Sig. (2-tailed)	0,000		0,507	0,412	0,391	0,638	0,748	0,001
Neopodstatnění	Pearson Correlation	0.236*	0,066	1	-0,139	0,070	0.216*	0,130	-0,152
	Sig. (2-tailed)	0,017	0,507		0,163	0,483	0,029	0,193	0,128
Bezpečnostní hrozby	Pearson Correlation	0,076	0,082	-0,139	1	-0,105	0.253*	0,146	-0,126
	Sig. (2-tailed)	0,445	0,412	0,163		0,294	0,010	0,142	0,206
Nedostatečná IT infras.	Pearson Correlation	0.226*	0,086	0,070	-0,105	1	0.298*	0,094	0,012
	Sig. (2-tailed)	0,022	0,391	0,483	0,294		0,002	0,349	0,908
Byrokracie	Pearson Correlation	0.318*	0,047	0.216*	0.253*	0.298*	1	0.198*	-0,086
	Sig. (2-tailed)	0,001	0,638	0,029	0,010	0,002		0,046	0,388
Jiné	Pearson Correlation	0,189	0,032	0,130	0,146	0,094	0.198*	1	-0,046
	Sig. (2-tailed)	0,057	0,748	0,193	0,142	0,349	0,046		0,648
Počet zaměstnanců	Pearson Correlation	-0.281**	-0.318**	-0,152	-0,126	0,012	-0,086	-	1
	Sig. (2-tailed)	0,004	0,001	0,128	0,206	0,908	0,388	0,648	

Zdroj: vlastní zpracování

Analýza korelační matice odhaluje několik významných vztahů mezi zkoumanými bariérami. Nízký stupeň digitalizace je úzce spjat s několika dalšími překážkami, a to konkrétně mezi nízkým stupněm digitalizace a nedostatkem finančních zdrojů existuje slabá pozitivní korelace ($r = 0,376$, $p < 0,001$). To naznačuje, že podniky, které se potýkají s nedostatkem finančních zdrojů, mají tendenci mít také nižší úroveň digitalizace. Dále lze pozorovat slabou pozitivní korelaci ($r = 0,236$, $p = 0,017$) mezi nízkým stupněm digitalizace a neopodstatněním implementace Průmyslu 4.0, což naznačuje, že podniky s nízkou digitální úrovní často vnímají, že přínosy nových technologií nejsou dostatečné. Přesto, jak je zřejmé z případové studie C, i pro mikropodnik s nízkou digitální úrovní, může být inovace nanejvýš opodstatněná. Tento výsledek potvrzuje předpoklad z literární části práce, kdy autoři vnímají digitalizaci jako nutnou podmínku pro adopci Průmyslu 4.0.

Nízký stupeň digitalizace je také slabě pozitivně korelován s nedostatečnou IT infrastrukturou ($r = 0,226$, $p = 0,022$), což poukazuje na to, že podniky s nízkou úrovní digitalizace často čelí problémům s nedostatečnou IT strukturou. Další slabá pozitivní korelace ($r = 0,318$, $p = 0,001$) byla identifikována mezi nízkým stupněm digitalizace a

byrokracií. Byrokracie sama o sobě vykazuje několik dalších slabých pozitivních korelací. Existuje například korelace s neopodstatněním implementace ($r = 0,216$, $p = 0,029$), kde podniky, které vnímají byrokracii jako problém, často také vnímají nedostatečné zdůvodnění pro implementaci nových technologií. Byrokracie je také slabě pozitivně korelována s bezpečnostními hrozbami ($r = 0,253$, $p = 0,010$) a nedostatečnou IT infrastrukturou ($r = 0,298$, $p = 0,002$), což může naznačovat, že podniky, které čelí byrokratickým překážkám nevynikají v oblastech IT.

Poslední dva významné vztahy se týkají počtu zaměstnanců. Existuje slabá negativní korelace mezi počtem zaměstnanců a nízkým stupněm digitalizace ($r = -0,281$, $p = 0,004$), což znamená, že větší podniky mají tendenci mít vyšší úroveň digitalizace než menší podniky. Podobně je zde slabá negativní korelace mezi počtem zaměstnanců a nedostatkem finančních zdrojů ($r = -0,318$, $p = 0,001$), to může signalizovat, že větší podniky mají pravděpodobně „dostupnější“ finanční zdroje ve srovnání s menšími podniky.

Dosavadní analýza odhalila několik významných vztahů mezi zkoumanými bariérami při implementaci Průmyslu 4.0 a dalšími faktory. Identifikované korelace ukazují, že některé překážky nejsou vnímány izolovaně, ale často se vyskytují společně a mohou být vzájemně provázané. Tato provázanost mezi bariérami naznačuje, že by mohly existovat společné vzorce, které ovlivňují vnímání těchto překážek napříč podniky. Logickým vyústěním je tak snaha redukovat proměnné a pokusit se nalézt možné vazby mezi proměnnými.

Ve snaze provést analýzu, bylo nutné provést kontrolu dat s pomocí KMO a Bartlettova testu. Na základě Bartlettova testu se na zvolené hladině významnosti $\alpha=0,05$ podařilo zamítnout nulovou hypotézu, která tvrdí, že korelační koeficienty mezi jednotlivými proměnnými jsou nulové (hodnota $p = <0,001$). V případě Kaiser-Meyer-Olkinovy míry adekvátnosti výběru byla výsledná hodnota 0,545. Vhodnost dat pro analýzu hlavních komponent (PCA, Principal Component Analysis) je tak relativně blízko hranici, kdy jsou data nepřijatelná, přesto se stále jedná o přijatelnou hodnotu (Naseer a kol. 2019).

V tabulce č. 6 jsou zobrazeny jednotlivé komponenty, a především informace o tom, jakou část celkového rozptylu dat vysvětlují jednotlivé komponenty. Pro extrakci jsou doporučeny tři komponenty s ohledem na Kaiserovo kritérium, které doporučuje ex-

trahovat komponenty/faktory s vlastní hodnotou větší než jedna. Je však nutné podotknout že extrakcí čtvrté komponenty by vzrostl vysvětlovaný rozptyl na více než 73 % a také, že při této analýze narážíme na striktní pravidlo vlastní hodnoty větší než jedna, kdy čtvrtá komponenta má hodnotu 0,953.

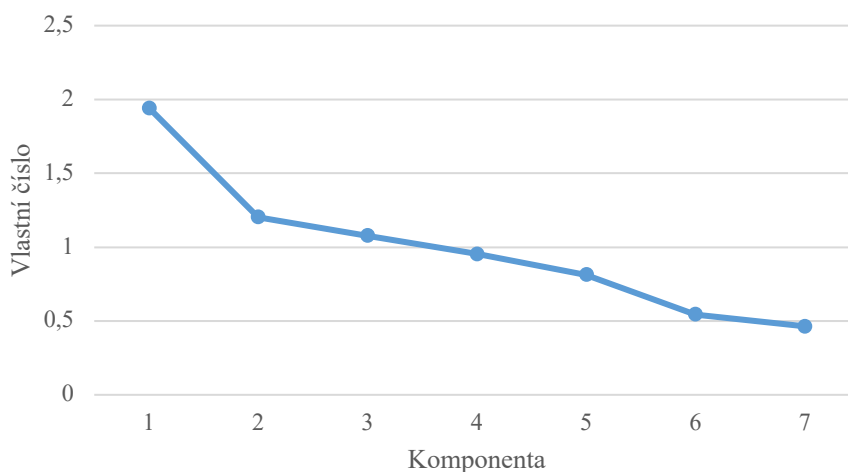
Tabulka 6: Výpočet PCA, bariéry implementace

Komponenta	Vlastní čísla			Suma čtverců zátěží po extrakci		
	Suma	Rozptyl (%)	Kumulace (%)	Suma	Rozptyl (%)	Kumulace (%)
1	1.943	27.758	27.758	1.943	27.758	27.758
2	1.203	17.185	44.943	1.203	17.185	44.943
3	1.078	15.405	60.348	1.078	15.405	60.348
4	.953	13.611	73.959			
5	.814	11.623	85.582			
6	.545	7.788	93.371			
7	.464	6.629	100.000			

Zdroj: vlastní zpracování

Na grafu č. 13 jsou data zobrazena v podobě sutinového grafu, který podporuje volbu tří komponent pro další analýzu, jak bylo zmíněno v předchozím odstavci. Ze sutinového grafu je také patrný zlom po druhé komponentě, to potvrzuje, že výběr vhodného počtu komponent s ohledem na Kaiserovo kritérium či jedinečný ohyb, může být komplikovaný, přesto se pro další kroky analýzy uchylujeme k řešení s třemi komponentami.

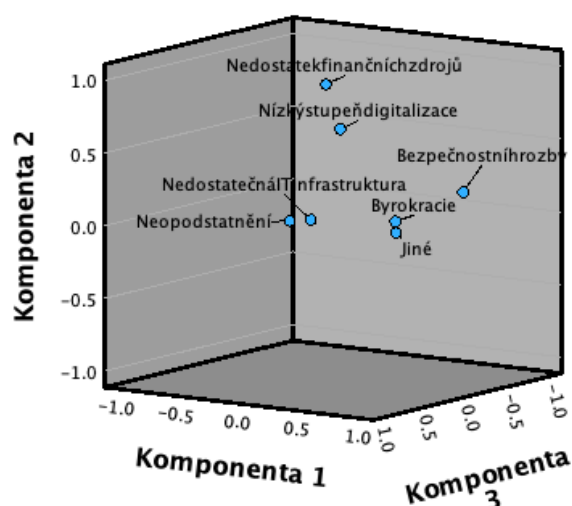
Graf 13: Sutinový graf



Zdroj: vlastní zpracování

Nutným výstupem PCA je výpočet zátěží jednotlivých komponent, výsledek zobrazuje graf č. 14, kde lze pozorovat výsledky rotovaného řešení metodou Varimax, které nabízí, v tomto případě, lepší výsledky pro následnou interpretaci.

Graf 14: Komponentní zátěže



Zdroj: vlastní zpracování

Z dat je patrné, že první komponenta má nejvyšší zátěž u proměnných spojených s byrokracií, bezpečnostními hrozbami a dalšími překážkami. To může signalizovat, že tato komponenta představuje organizační a administrativní výzvy. Zde je třeba poznamenat, že proměnná „Bezpečnostní hrozby“ vykazuje v kontextu rotovaného řešení nejednoznačný výsledek, kdy se zátěž dané proměnné rovná 0,658 pro první komponentu a -0,597 pro komponentu třetí. Druhá komponenta je nejvíce zatížena proměnnými spojenými s nízkou úrovní digitalizace a nedostatkem finančních zdrojů. Tato komponenta tak pravděpodobně reflektuje technologické a finanční bariéry, které brání pokročilým inovacím. Třetí komponenta vykazuje nejvyšší zátěž u proměnných týkajících se neopodstatnění a nedostatečné IT infrastruktury, což může odrážet specifické technologické výzvy a vnímání významnosti určitých inovací.

Výsledky rotovaného řešení je vhodné dále rozšířit o výpočet skóre pro každý podnik tak, aby bylo možné jednotlivé komponenty dále charakterizovat a případně na výsledky navázat v následujících analýzách.

Podniky s nejvyšším skóre v první komponentě jsou převážně malé a střední podniky, které se zaměřují především na výrobu pekařských, cukrářských výrobků a zpracování masa. To naznačuje, že tato komponenta může pozitivně korelovat s určitou dynamikou a výhodami, které tyto podniky využívají. V drtivé většině se jedná o podniky

patřící do kategorie MSP, to naznačuje, že komponenta podporuje určité vlastnosti, které jsou pro malé a střední podniky příznivé.

Na druhé straně podniky s negativním skóre mohou čelit určitým výzvám nebo omezením, které negativně ovlivňují jejich fungování. Většina těchto podniků spadá do kategorie malých a středních podniků, ale najdeme zde také několik velkých podniků, což naznačuje, že proměnné představované touto komponentou mohou mít negativní dopad i na větší firmy.

U podniků s nejvyššími skóre ve druhé komponentě, což naznačuje vyšší vliv nízkého stupně digitalizace a nedostatku finančních zdrojů, lze pozorovat, že jde většinou o malé a střední podniky (MSP), které se zaměřují zejména na výrobu pekařských a cukrářských výrobků. Tyto podniky mají nižší počet zaměstnanců, a to často těsně nad dolní hranicí označení MSP (více jak 10 zaměstnanců). Tento vzor naznačuje, že menší podniky mají tendenci čelit větším problémům spojeným s nedostatkem finančních zdrojů a nízkou úrovní digitalizace.

Naopak podniky s nejnižšími skóre ve druhé komponentě, kde je vliv těchto bariér relativně menší, jsou obvykle velké podniky s vyšším počtem zaměstnanců. Tyto podniky se často zaměřují na konzervování ovoce a zeleniny, výrobu mléčných výrobků a zpracování masa. U těchto lze předpokládat větší odolnost vůči výzvám spojeným s nízkou digitalizací a nedostatkem financí.

Analýza třetí komponenty, která zahrnuje proměnné spojené s neopodstatněním a nedostatečnou IT infrastrukturou, můžeme identifikovat podniky s nejvyššími skóre v této komponentě. Jedná se převážně o malé a střední podniky (MSP) z potravinářského průmyslu. Tyto podniky čelí větším výzvám spojeným s nedostatečnou IT infrastrukturou, což naznačuje, že pro ně může být digitalizace a implementace IT technologií složitější nebo méně prioritní.

Naopak, podniky s nejnižšími skóre, i když rovněž často malé a střední, se zdají mít výrazné problémy s vnímáním neodůvodněnosti investic do IT infrastruktury, což může ovlivnit jejich strategické směřování. Zajímavé je, že i řada velkých podniků vykazuje nízká skóre, to může poukazovat na to, že i v těchto firmách může být problematická implementace digitálních technologií.

3.1.1 Shrnutí kapitoly

V kapitole byla podrobně analyzována dimenze „Strategie“ v kontextu implementace Průmyslu 4.0. První zkoumaná otázka se týkala toho, zda podniky uvažují o implementaci Průmyslu 4.0. Výsledky ukázaly, že v případě malých a středních podniků byl zájem o implementaci rozmanitější: 61 % MSP odpovědělo, že o implementaci uvažují. U velkých podniků byla situace ještě více jednoznačná – z 23 velkých podniků pouze jeden podnik odpověděl negativně.

Druhá otázka zkoumala, zda mají podniky vypracovanou podnikovou strategii a zda tato strategie zahrnuje i oblast Průmyslu 4.0. U malých a středních podniků 53 podniků uvedlo, že mají strategii, která však nezahrnuje Průmysl 4.0, zatímco 14 MSP uvedlo, že žádnou strategii nemají. U velkých podniků byla strategie vypracována u většiny – 14 podniků z 23 uvedlo, že jejich strategie zahrnuje i Průmysl 4.0, a pouze jeden velký podnik přiznal, že strategii vůbec nemá. Tento trend ukazuje, že větší podniky jsou lépe připraveny a více zaměřeny na digitální transformaci nežli menší podniky.

Statistická analýza, konkrétně Mann-Whitneyho U test, prokázala, že existuje významný rozdíl v počtu zaměstnanců mezi podniky, které uvažují o implementaci Průmyslu 4.0, a těmi, které o ní neuvažují. Medián počtu zaměstnanců v podnicích, které neuvažují o implementaci, byl 26,5, zatímco v podnicích, které uvažují, byl medián 82,5. To potvrzuje, že větší podniky mají větší sklony k zavádění pokročilých technologických inovací.

Dále byla analyzována řada bariér, které podniky vnímají při implementaci Průmyslu 4.0. Nejvýznamnější překážkou byl identifikován nedostatek finančních zdrojů, který dosáhl nejvyššího skóre bodů. Toto zjištění naznačuje, že finanční omezení jsou hlavní překážkou pro podniky při zavádění nových technologií a postupů spojených s Průmyslem 4.0. Další významné bariéry, které se umístily na druhém místě s rovnoměrným skóre 319 bodů, jsou nedostatečná IT infrastruktura a bezpečnostní hrozby. Byrokracie, hodnocená 281 body, byla rovněž identifikována jako významný problém.

Provázanost mezi bariérami podložená vzájemnými korelacemi naznačuje, že překážky nejsou vnímány izolovaně, ale často se vyskytují společně a mohou být vzájemně propojené. Následně byla provedena redukce proměnných, která identifikovala tři klíčové komponenty vysvětlující 60,3 % celkového rozptylu dat. Podniky s vysokým skóre v první komponentě jsou převážně malé a střední podniky (MSP), které se zaměřují

na výrobu pekařských a cukrářských výrobků a zpracování masa. Tyto podniky čelí výrazným administrativním a organizačním výzvám.

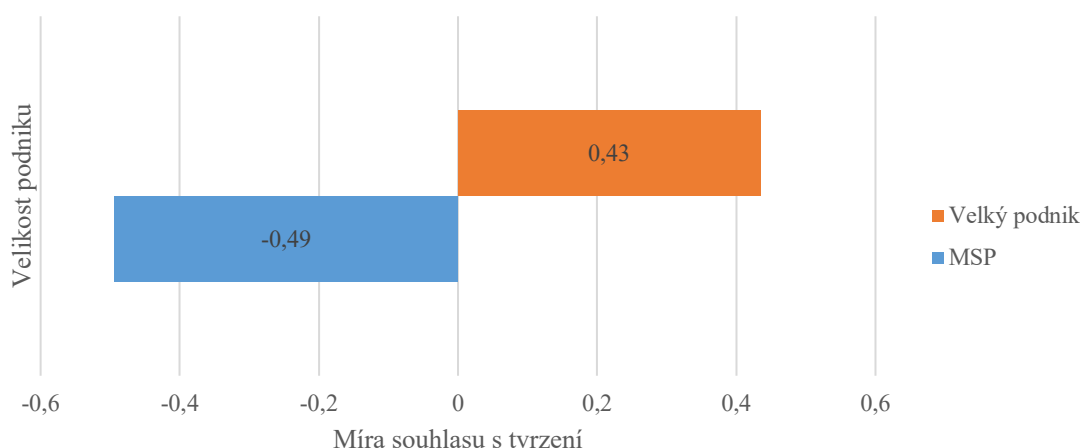
Podniky s vysokým skóre ve druhé komponentě, kde je klíčovým faktorem nízký stupeň digitalizace a nedostatek finančních zdrojů, jsou převážně MSP, často s nízkým počtem zaměstnanců. Ve třetí komponentě nalezneme podniky zejména z oblasti výroby pekařských a cukrářských výrobků a zpracování masa. Tyto podniky čelí větším výzvám spojeným s nedostatečnou IT infrastrukturou, což naznačuje, že pro ně může být digitalizace a implementace IT technologií složitější nebo méně prioritní.

Výsledky této kapitoly naznačují, že úspěšná implementace Průmyslu 4.0 vyžaduje komplexní přístup, který zohledňuje nejen velikost podniku, ale i širší kontext. Větší podniky mají tendenci být lépe připravené na implementaci těchto nových technologií, zatímco menší podniky čelí větším překážkám, zejména v oblasti financí a digitalizace.

3.2 Dimenze: Technologie

Výzkum pokračuje dimenzí věnující se technologiím. Této dimenzi byly přímo alokovány dvě otázky, resp. tvrzení, a to: „Pro splnění požadavků technické připravenosti je nutná radikální změna.“ a „Využíváte v podniku cloudové úložiště dat?“. První otázka v podobě Likertovy škály nabývá extrémů ve slovním vyjádření: Pro splnění požadavků technické připravenosti je nutná radikální změna (-2) – stroje i systémy již splňují budoucí požadavky (+2). Rozložení dat v návaznosti na velikost podniku zobrazuje graf č. 15.

Graf 15: Rozložení dat – technická připravenost podniků



Zdroj: vlastní zpracování

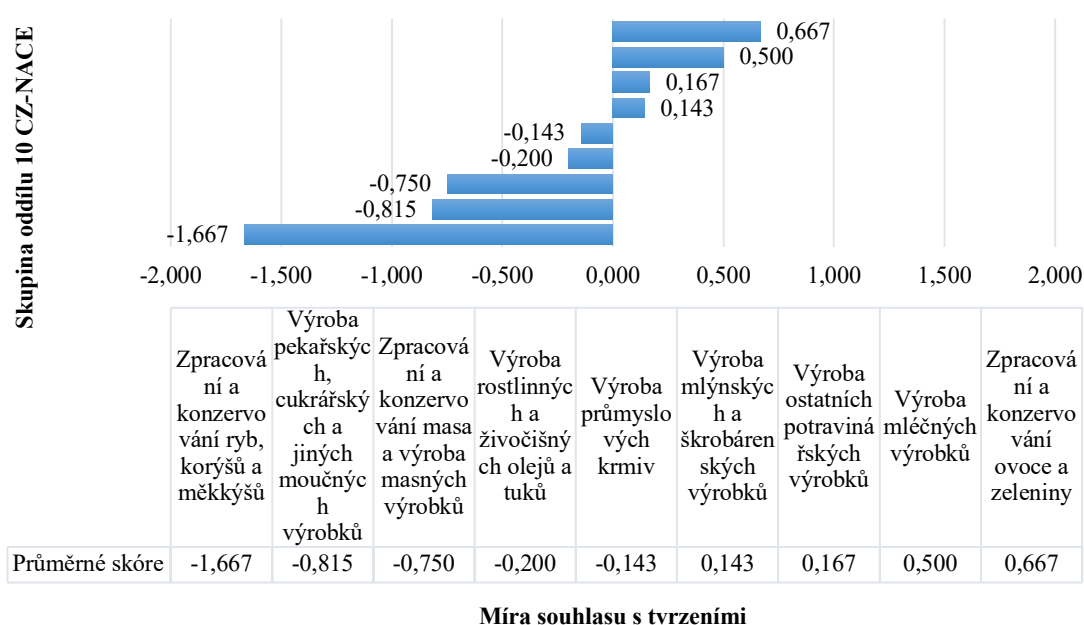
Graf č. 15 znázorňuje, jak se jednotlivé velikosti podniků kloní k variantám tvrzení: „Pro splnění požadavků technické připravenosti je nutná radikální změna“ versus „Stroje i systémy již splňují budoucí požadavky“. Malé a střední podniky (MSP) se přiklánějí spíše k nutnosti změn, což dokládá průměrná hodnota -0,494. Na druhou stranu, velké podniky mají kladnou průměrnou hodnotu 0,435, napovídající tomu, že podniky spíše věří, že jejich technologie již splňují budoucí požadavky. Je zřejmé, že čím větší je podnik, tím více se domnívá, že jeho technologie jsou dostatečně připravené, zatímco menší podniky vnímají větší potřebu změn. Případová studie A podtrhuje výsledky výzkumu v případě velkých podniků, zároveň vak studie poukazuje na nutný čas celkové přestavby – doby implementace obtížnost zaškolení pracovníků.

Další pohled na analyzovaná data nabízí graf č. 16, který zobrazuje, jak se různé podkategorie oddílu 10 CZ-NACE přiklánějí ke dvěma variantám tvrzení: Stejně jako v předchozím grafu, i zde můžeme vidět rozdělení podle průměrných hodnot, které odrážejí postoj jednotlivých podskupin k připravenosti jejich technologií na budoucí požadavky.

Výroba mléčných výrobků vykazuje kladnou průměrnou hodnotu 0,5, podobně i skupina Zpracování a konzervování ovoce a zeleniny s průměrnou hodnotou 0,667 vnímá svou technologickou připravenost pozitivně. Na druhé straně nalezneme skupiny podniků zabývající se zpracováním a konzervováním ryb, korýšů a měkkýšů, který má nejnižší průměrné skóre -1,667, a také skupinu Výroba pekařských, cukrářských a jiných moučných výrobků s hodnotou -0,815. Tyto segmenty vnímají své technologie jako nedosta- tečné a cítí silnou potřebu radikálních změn.

Zpracování a konzervování masa a výroba masných výrobků (-0,750), Výroba rostlinných a živočišných olejů a tuků (-0,200) a Výroba průmyslových krmiv (-0,143) vy- kazují mírně záporné hodnoty, což naznačuje, že i když tyto segmenty také vnímají po- třeba technologických změn. Výroba mlýnských a škrobářenských výrobků a Výroba ostatních potravinářských výrobků s průměrnými hodnotami 0,143 a 0,167 vykazují mírně pozitivní postoj k technické připravenosti. Je zde nutné podotknout, že jednotlivé segmenty potravinářského průmyslu vnímají svou technologickou připravenost velmi rozdílně.

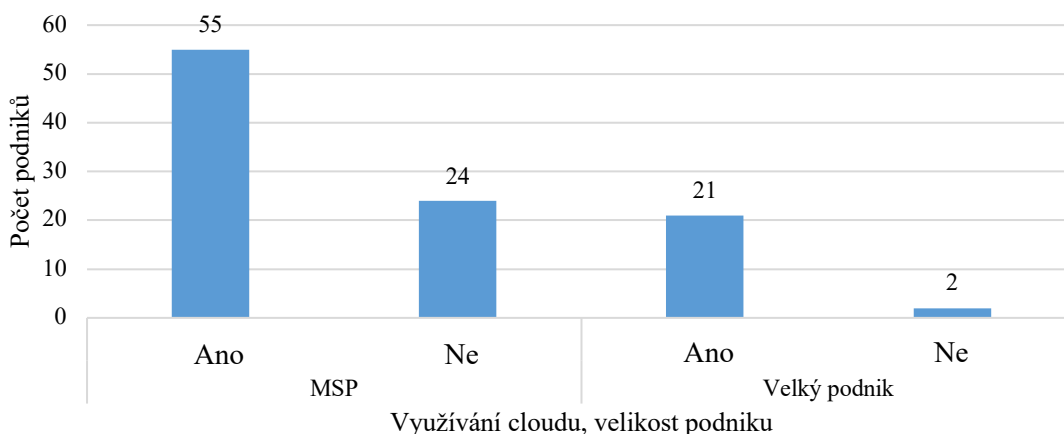
Graf 16: Rozložení dat – technická připravenost dle CZ-NACE



Zdroj: vlastní zpracování

Druhá přímo alokovaná otázka směřovala na využívání cloudových úložišť v podnicích. Rozložení dat k této otázce zobrazuje graf č. 17.

Graf 17: Rozložení dat – využívání cloudu



Zdroj: vlastní zpracování

V grafu vidíme rozložení odpovědí na otázku „Využíváte v podniku cloudové úložiště dat?“ v závislosti na velikosti podniku. Je patrné, že v případě malých a středních podniků (MSP) většina, konkrétně 55 z 79, cloudové řešení využívá. Rozložení naznačuje, že MSP jsou v oblasti využívání cloudových technologií relativně aktivní, i když stále existuje značný počet těch, které ho dosud neimplementovaly. U velkých podniků vidíme, že 21 z 23 podniků cloudové úložiště využívá, což naznačuje vysokou míru přijetí těchto technologií. Rozdíl mezi těmi, kdo cloud využívají a těmi, kdo nikoli, je zde výrazný, což poukazuje na vyšší úroveň technologické připravenosti resp., vybavenosti mezi většími podniky.

Z dostupných dat je zřejmé, že více než 74 % podniků využívá cloud ke každodenním činnostem. V kontextu České republiky se jedná o relativně vysoké procentuální zastoupení v tomto vzorku, které se pohybuje, dle kategorizace CZ-NACE, na úrovni Informačních a komunikačních činností (79,1 %). Pokud jde o porovnání velikostí podniků, pak vzorek reflektuje skutečná data v ČR, neboť s velikostí podniků roste míra využívání cloudových služeb ČSÚ (2023).

Přestože je zastoupení podniků využívajících cloudové řešení relativně vysoké zůstává otázkou, proč nalezneme zejména velké podniky, které cloudové služby nevyužívají. Oluwafemi Clement Adeusi a kol. (2024); A.S. George (2022) upozorňují mimo jiné

na rizika spojená s využíváním cloudových řešení. Tyto předpoklady vytváří základ pro následující testování:

Tabulka 7: Výpočet MWU – využívání cloudu/bezpečnostní hrozby

MWU	H ₀ : Mezi podniky, které využívají cloudové služby, a těmi, které cloudové služby nevyužívají, není významný rozdíl v hodnocení bariéry implementace v podobě bezpečnostních hrozeb.			
	H ₁ : Mezi podniky, které využívají cloudové služby, a těmi, které cloudové služby nevyužívají, existuje významný rozdíl v hodnocení bariéry implementace v podobě bezpečnostních hrozeb.			
	U	Z	p-value	H0
Využívání cloudu	947.500	-0.331	0,741	nezamítnuta

Zdroj: vlastní zpracování

Na základě dostupných dat a zvolené hladině významnosti $\alpha = 0,05$ se nepodařilo zamítnout nulovou hypotézu. Výsledek testování naznačuje, že hodnocení bezpečnostních hrozeb je konzistentní napříč oběma skupinami podniků, bez ohledu na to, zda cloudové služby používají nebo ne. Jinými slovy, firmy v obou skupinách vnímají bezpečnostní hrozby jako podobně důležitou bariéru, což může reflektovat obecné povědomí a obavy spojené s bezpečností dat, které nejsou nutně závislé na aktuálním využívání cloudových technologií.

Lze předpokládat, že podniky, které využívají cloudové služby již učinily jistý krok k možné implementaci a zároveň nutně musejí mít alespoň část procesů digitalizovaných. Literární přehled se v kapitole 1.3 věnuje klíčové roli využívání cloudu a výpočetního výkonu v celé koncepci a například Mistry a kol. (2024) zdůrazňují, že cloud computing je klíčový pro umožnění vysoké výpočetní kapacity s pomocí internetu bez nutnosti vysokých počátečních nákladů. Nabízí se tak statistické testování v rámci jedné dimenze:

Tabulka 8: Výpočet MWU – cloud/technické požadavky

MWU	H ₀ : Neexistuje rozdíl mezi podniky, které využívají cloud a těmi, které nevyužívají, ve vnímání potřeby změny pro splnění technických požadavků Průmyslu 4.0.			
	H ₁ : Existuje rozdíl mezi podniky, které využívají cloudu, a těmi, které nevyužívají, ve vnímání potřeby změny pro splnění technických požadavků Průmyslu 4.0.			
	U	Z	p-value	H0
Využívání cloudu	359.500	-4.975	<0,001	zamítnuta

Zdroj: vlastní zpracování

Na základě dostupných dat a zvolené hladině významnosti se podařilo zamítnout nulovou hypotézu, tedy že mezi těmito dvěma skupinami podniků neexistuje rozdíl. Výsledek naznačuje, že podniky, které využívají cloudové služby, mají odlišné vnímání potřeby technických změn ve srovnání s těmi, které cloud nevyužívají.

3.2.1 Shrnutí kapitoly

V této kapitole byla analyzována dimenze „Technologie“ s důrazem na technickou připravenost podniků a využívání cloudových úložišť.

První otázka zkoumala postoj podniků k tvrzení, zda je pro splnění budoucích technických požadavků nutná radikální změna. Výsledky ukázaly, že malé a střední podniky vnímají potřebu změn. Naopak velké podniky se domnívají, že jejich technologie jsou již připravené na budoucí požadavky. Tato analýza ukazuje, že čím větší je podnik, tím více se domnívá, že jeho technologie splňují budoucí požadavky.

Druhá analyzovaná otázka se zaměřila na využívání cloudových úložišť. Mezi malými a středními podniky již většina (55 z 79) cloudové služby využívá, a v případě velkých podniků je míra využívání cloudu ještě vyšší, kdy 21 z 23 podniků cloudová úložiště používá. Celkově více než 74 % podniků v analyzovaném vzorku využívá cloudové služby, což je v kontextu České republiky relativně vysoké procento, srovnatelné s odvětvím informačních a komunikačních technologií (79,1 %).

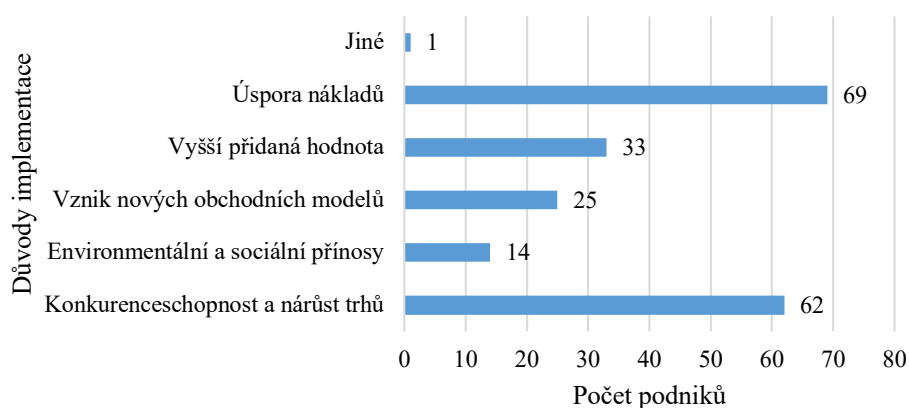
Statistické testování dále odhalilo, že mezi podniky, které využívají cloudové služby, a těmi, které je nevyužívají, neexistuje významný rozdíl v hodnocení bezpečnostních hrozeb. To naznačuje, že vnímání bezpečnostních rizik je konzistentní napříč oběma skupinami podniků. Naopak, při testování rozdílu ve vnímání potřeby technických změn pro splnění požadavků Průmyslu 4.0 se ukázalo, že podniky, které cloudové služby využívají, mají odlišné vnímání této potřeby než ty, které cloud nevyužívají. Tento rozdíl může naznačovat, že podniky, které již implementovaly cloudové technologie, mají vyšší povědomí o technických požadavcích Průmyslu 4.0 a jsou lépe připraveny na další technologické inovace.

Kapitola zdůrazňuje důležitost technologické připravenosti a adopce moderních technologií, jako je cloud computing, které mohou hrát klíčovou roli v úspěšné implementaci Průmyslu 4.0. Výsledky ukazují, že větší podniky jsou v této oblasti lépe připravené, zatímco menší podniky čelí větším výzvám a potřebují větší změny, aby mohly držet krok s budoucími požadavky.

3.3 Dimenze: Zákazníci

V pořadí třetí zkoumanou dimenzí byli zákazníci. Schumacher (2016) k této dimenzi uvádí činnosti jako například využívání dat o zákaznících, digitalizace procesu prodeje nebo kompetence zákazníků v oblasti digitálních médií. Ve výzkumu byly k této otázce přímo alokovány opět dvě otázky, a to: „Jaké jsou hlavní důvody pro implementaci průmyslu 4.0 ve vašem podniku?“ a „Jakým způsobem sbíráte ve vašem podniku data?“. Rozložení dat na první otázku zobrazuje graf č. 18.

Graf 18: Rozložení dat – důvody implementace



Zdroj: vlastní zpracování

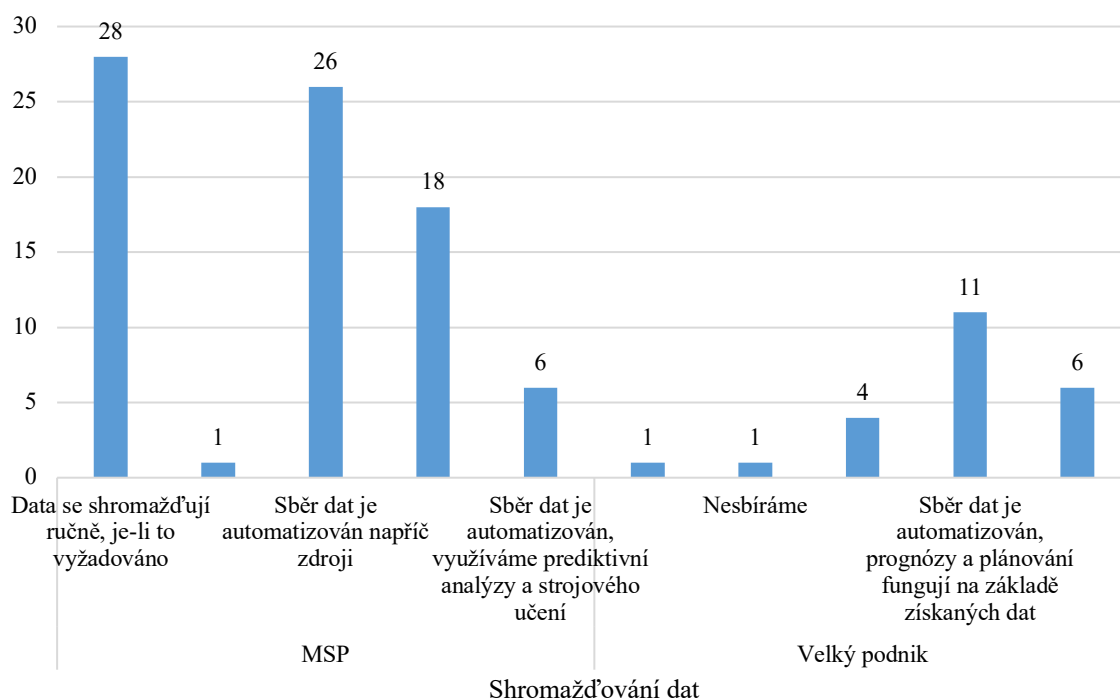
Nejčastěji zmiňovaným důvodem pro implementaci Průmyslu 4.0 je úspora nákladů, kterou uvedlo 69 podniků. To naznačuje, že firmy vidí v technologiích Průmyslu 4.0 potenciál pro snížení provozních nákladů a zvýšení efektivity. Dalším významným důvodem, který zmínilo 62 podniků, je konkurenční schopnost a růst trhů.

Na třetím místě se nachází vyšší přidaná hodnota, kterou uvedlo 33 podniků. Dalším zmíněným důvodem je vznik nových obchodních modelů, který byl uveden 25 podniky. Tento faktor naznačuje, že technologie Průmyslu 4.0 umožňují firmám inovovat ve snaze být více adaptivní a efektivní. Méně častým, přesto však významným důvodem jsou environmentální a sociální přínosy, které uvedlo 14 podniků. Tento důvod reflektuje snahu firem přispět k udržitelnosti a společenské odpovědnosti prostřednictvím implementace moderních technologií.

Nakonec pouze jeden podnik zmínil jiný důvod, který nebyl konkrétně uveden mezi hlavními kategoriemi, přičemž odpověď bylo nahrazení chybějící pracovní síly.

Druhou otázkou alokovanou do dimenze zákazníků byla ve vztahu k získávání a využívání dat. Výsledky popisné statistiky jsou zobrazeny v grafu č. 19.

Graf 19: Rozložení dat – využívání dat



Zdroj: vlastní zpracování

Graf č. 19 prezentuje různé přístupy podniků k sběru a využívání dat, přičemž odpovědi jsou opět rozděleny podle velikosti podniků.

Malé a střední podniky, nepřekvapivě s ohledem na předchozí analýzy, vykazují vyšší úroveň zapojení do sběru a využívání dat. Nejčastější odpovědí je, že sběr dat je automatizován napříč zdroji – tuto možnost uvedlo 26 podniků, 18 podniků uvedlo, že jejich sběr dat je automatizován a že prognózy a plánování jsou založeny na získaných datech. Dalších 6 podniků uvedlo, že sběr dat je automatizován a zároveň využíván pro prediktivní analýzy a strojové učení. Přesto v této kategorii nalezneme 35 % podniků, které sbírají data ručně, jeden podnik pak uvedl, že data nesbírá vůbec.

V případě velkých podniků uvedlo 11 respondentů, že jejich sběr dat je nejen automatizován, ale že se také využívají pro plánování a prognózy. Dalších 6 velkých podniků využívá automatizovaný sběr dat s tím, že prognózy a plánování jsou prováděny na základě těchto dat včetně strojového učení. Zajímavostí je, že dva velké podniky data buďto nesbírají, nebo je sbírají ručně v případě potřeby.

Ve snaze zjistit, zda existuje závislost mezi způsoby sběru dat podniky a ohodnocením technické připravenosti podniků (otázka dotazníku č. 7) byl proveden Pearsonův X^2 test. Na zvolené hladině významnosti se podařilo zamítnout nulovou hypotézu zastávající nezávislost proměnných, nicméně vybrané buňky kontingenční tabulky dosahují očekávané četnosti méně než 5, test se tedy stává nespolehlivým.

Z literárního přehledu je patrné, že sběr, analýza a využívání dat jsou nepostradatelnou součástí Průmyslu 4.0, přesto popisná statistika ukázala, že v řadách MSP i velkých podniků nalezneme zástupce, které bychom v těchto kategoriích podniků neočekávali, jako jsou podniky nad 200 zaměstnanců, které s daty nepracují dostatečně v kontextu čtvrté průmyslové revoluce.

Tabulka 9: Výpočet MWU – cloud/implementace

MWU	H ₀ : Neexistuje rozdíl mezi podniky, které uvažují o implementaci Průmyslu 4.0 a využívají konkrétním způsobem data a podniky, které o implementaci neuvažují.			
	H ₁ : Existuje rozdíl mezi podniky, které uvažují o implementaci Průmyslu 4.0 a využívají konkrétním způsobem data a podniky, které o implementaci neuvažují.			
	U	Z	p-value	H0
Využívání cloudu	375	-5,580	<0,001	zamítnuta

Zdroj: vlastní zpracování

Mann-Whitney U testem byly analyzovány proměnné s cílem zjistit, zda existuje rozdíl mezi podniky, které uvažují o implementaci Průmyslu 4.0 a zároveň využívají data konkrétním způsobem, a podniky, které o implementaci neuvažují.

Na základě dostupných dat a zvolené hladině významnosti byla nulová hypotéza zamítnuta ve prospěch alternativní. To naznačuje, že existuje významný rozdíl mezi podniky, které uvažují o implementaci Průmyslu 4.0 a konkrétním způsobem využívají data, a těmi, které o implementaci neuvažují. Tedy, způsob, jakým podniky pracují s daty, má významný vliv na jejich rozhodnutí implementovat Průmysl 4.0. Navzdory statisticky významnému výsledku nelze opomenout relativně překvapující výsledky v předchozí analýze, a to zejména u středních a velkých podniků. Pugna a kol. (2019) svým výzkumem doplňují, že manažeři často nejsou ochotni plně důvěřovat datům a nechtějí, aby data nahradila jejich vlastní úsudek nebo intuici, zejména pokud data odporují jejich osobním zkušenostem a instinktům. I když manažeři data využívají k podpoře svých rozhodnutí, mají tendenci zpochybňovat kvalitu a přesnost těchto dat, spíše než své vlastní úsudky.

Dále pak, že současný nedostatek důvěry v data pramení z frustrací a zkušeností manažerů s daty, která jsou v současnosti dostupná – především strukturovaná data uložená v databázích a datových skladech. Současné modely jsou stále založeny na přístupech k malým datům, kde jsou analýzy většinou založeny na příčinných souvislostech, což omezuje plné přijetí datově řízených modelů v podnicích.

Podniky v šetření uvedly, jaké jsou pro ně motivátory implementace Průmyslu 4.0, přičemž nejvíce se podniky přiklání k úspoře nákladů a konkurenceschopnosti. V tabulce č. 10 nalezneme výsledky testování Fischerova exaktního testu s nulovou hypotézou vyjadřující nezávislost proměnných, přičemž kategorie „Jiné“ není s ohledem na jedinou odpověď v analýze zohledněna.

Tabulka 10: Výpočet Fischerův test – implementace/důvody implementace

Fischerův exaktní test	H ₀ : Implementace Průmyslu 4.0 a jednotlivé důvody pro implementaci jsou nezávislé veličiny.	
	H ₁ : non H ₀	
	p-value	H ₀
Konkurenceschopnost a nárůst trhů	0,008	zamítnuta
Environmentální a sociální přínosy	0,059	nezamítnuta
Vznik nových obchodních modelů	0,082	nezamítnuta
Vyšší přidaná hodnota	0,650	nezamítnuta
Úspora nákladů	0,259	nezamítnuta

Zdroj: vlastní zpracování

Na základě dostupných dat a zvolené hladině významnosti $\alpha = 0,05$ se podařilo zamítnout nulovou hypotézu ve prospěch alternativní pouze v jednom z uvedených důvodů implementace. Pro důvod konkurenceschopnost a nárůst trhů byla nulová hypotéza o nezávislosti zamítnuta (p-value = 0,008). Z toho lze usuzovat, že tento důvod je významně spojen s implementací Průmyslu 4.0 mezi potravinářskými podniky. Podniky, které uvádějí konkurenceschopnost a růst trhů jako důvod implementace, mají tendenci k implementaci Průmyslu 4.0.

Naopak pro důvody jako environmentální a sociální přínosy, vznik nových obchodních modelů, vyšší přidaná hodnota a úspora nákladů nebyla nulová hypotéza zamítnuta. To naznačuje, že tyto důvody nejsou statisticky významně spojeny s implementací Průmyslu 4.0.

Dosavadní analýzy poukazují na zjevný rozdíl mezi velikostí podniku a doposud všemi hodnocenými oblastmi. V tabulce č. 11 jsou zobrazeny výsledky Mann-Whitney U testu, ve snaze porovnat důvody pro implementaci s velikostmi podniků vyjádřenými počty zaměstnanců.

Tabulka 11: Výpočet MWU – počet zaměstnanců/důvody implementace

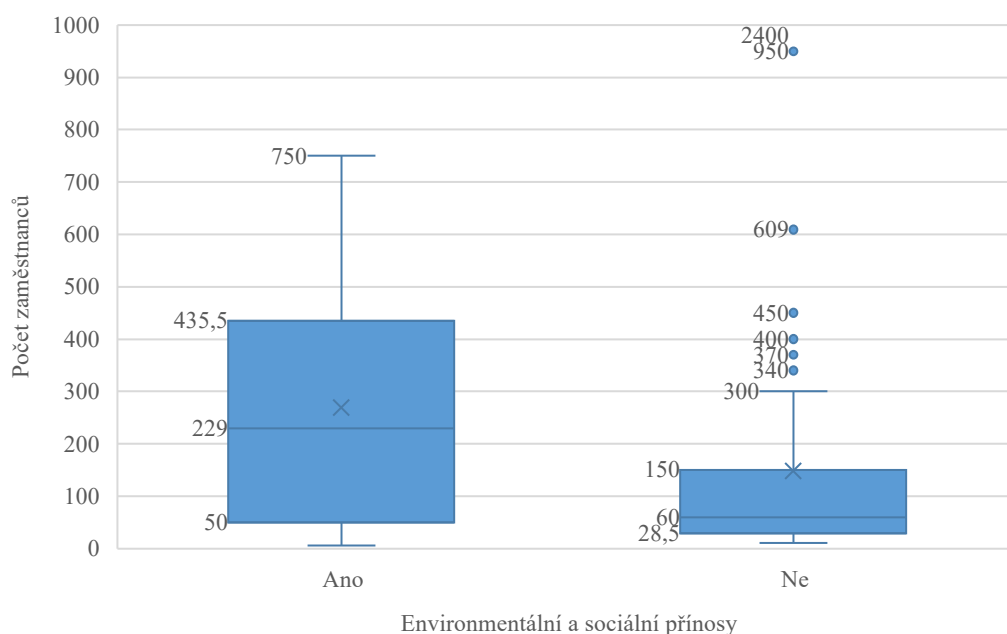
MWU	H0: Neexistuje rozdíl mezi počtem zaměstnanců podniků, které uvedly daný důvod implementace Průmyslu 4.0 a podniky které daný důvod neuvedly.			
	H1: Existuje rozdíl v počtu zaměstnanců podniků, které uvedly daný důvod implementace Průmyslu 4.0 a podniky které daný důvod neuvedly.			
	U	Z	p-value	H0
Konkurenceschopnost a nárůst trhů	1206,5	-0,230	0,818	nezamítnuta
Environmentální a sociální přínosy	398	-2,121	0,034	zamítnuta
Vznik nových obchodních modelů	472	-3,818	0,001	zamítnuta
Vyšší přidaná hodnota	987,5	-1,081	0,280	nezamítnuta
Úspora nákladů	1057	-0,583	0,560	nezamítnuta

Zdroj: vlastní zpracování

Na základě dostupných dat a zvolené hladině významnosti $\alpha = 0,05$ se nepodařilo zamítnout nulovou hypotézu pro důvody konkurenceschopnost a nárůst trhů, vyšší přidaná hodnota a úspora nákladů. Pro tyto důvody implementace nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly v počtu zaměstnanců mezi podniky, které uvedly tyto důvody, a těmi, které je neuvedly.

Na druhé straně, u důvodů environmentální a sociální přínosy a vznik nových obchodních modelů byly nalezeny statisticky významné rozdíly. Zamítáme tak nulovou hypotézu ve prospěch alternativní, a je tak prokázáno, že podniky, které uvedly tyto důvody, mají odlišný počet zaměstnanců ve srovnání s těmi, které je neuvedly. Pro ilustraci výsledků v případě důvodů implementace „Environmentální a sociální přínosy“ slouží krabicový diagram v grafu č. 20.

Graf 20: Krabicový diagram



Zdroj: vlastní zpracování

Krabicový diagram znázorňuje rozdíly v počtu zaměstnanců mezi podniky, které uvedly environmentální a sociální přínosy jako důvod pro implementaci Průmyslu 4.0 (Ano) a těmi, které tento důvod neuvedly (Ne).

Ve skupině "Ano" je medián počtu zaměstnanců 229, touto hodnotou se tak přibližujeme k horní hranici středních podniků dle metodiky Evropské komise. Rozmezí mezikvartilového rozpětí je mezi 50 a 435,5 zaměstnanci, přičemž horní kvartil dosahuje až 750 zaměstnanců.

Ve skupině "Ne" je medián výrazně nižší, konkrétně 60 zaměstnanců. Mezikvartilové rozpětí je mezi 28,5 a 150 zaměstnanci, přičemž horní kvartil dosahuje 300 zaměstnanců. I zde jsou patrné odlehlé hodnoty, z nichž nejvýraznější je podnik s 2 400 zaměstnanci, a další s hodnotami 450, 409, 370, a 340 zaměstnanců.

Z diagramu je patrné že větší podniky, které uvedly environmentální a sociální přínosy jako důvod pro implementaci Průmyslu 4.0, mají větší rozptyl v počtu zaměstnanců, zatímco podniky, které tento důvod neuvedly, mají tendenci být menší, i když s několika odlehlými hodnotami. Pro úplnost je třeba doplnit informace k druhému statisticky významnému důvodu implementace, a to vzniku nových obchodních modelů. Medián, u podniků, které označili tento důvod implementace kladně, je 150 zaměstnanců,

naopak podniky, které se vyjádřily ve vztahu k vzniku nových obchodních modelů, jakožto důvodu pro implementaci, je na úrovni 50 zaměstnanců.

Nabízí se tedy otázka, zda jsou možné environmentální cíle podniků, přičemž vztahu ESG a Průmyslu 4.0 se věnuje kapitola 1.4, dosažitelné pouze na úrovni velkých podniků, jak ostatně ukazují výsledky předešlé analýzy. El Baz a kol. (2022) ve svém příspěvku nevztahují k principům udržitelnosti velikost podniků, zdůrazňují však klíčový faktor, kterým je efektivní zapojení vrcholového managementu do implementace a následného sledování je klíčové pro úspěch těchto iniciativ. Drempetic a kol. (2020) se ve svém výzkumu věnují právě vztahu ESG a velikosti podniků. Přičemž dochází k závěrům, že velké podniky (měřené počtem zaměstnanců) zveřejňují výsledky v oblasti ESG spíše než ty malé, to může být způsobováno větším tlakem ze strany zájmových skupin. Sandberg a kol. (2023) doplňují svým výzkumem závěr, že velké společnosti jsou více vystaveny reputačnímu riziku v kontextu ESG, nicméně dodávají, že jsou přítomny i další faktory nežli jen velikost podniku. Bolibok (2024) ve svém příspěvku analyzuje vztah ESG a finanční výkonnosti podniků mezi evropskými potravinářskými podniky a zohledňuje i velikost podniku. Z výsledku je patrné, že existuje statisticky významný vztah mezi velikostí podniků a ESG aktivitami, které ve výzkumu prezentují zvláště po jednotlivých pilířích. Na základě vlastní analýzy doplněné o další výzkumy lze konstatovat, že aktivity v oblasti ESG jsou více spjaté s většími podniky, avšak je třeba zdůraznit, že téma vyžaduje hlubší analýzu.

3.3.1 Shrnutí kapitoly

V této kapitole byla analyzována dimenze „Zákazníci“ se zaměřením na důvody pro implementaci Průmyslu 4.0 a způsoby sběru a využívání dat v podnicích. Byly zkoumány dva klíčové aspekty: hlavní motivátory pro zavádění Průmyslu 4.0 a přístupy podniků k práci s daty.

První zkoumaná otázka se zabývala hlavními důvody pro implementaci Průmyslu 4.0. Nejčastěji uváděným důvodem byla úspora nákladů, kterou uvedlo 69 podniků, je tedy zřejmé, že podniky vidí v technologiích Průmyslu 4.0 významný potenciál pro zvýšení efektivity a snížení provozních nákladů. Dalším důležitým motivátorem byla konkurenceschopnost a růst trhů, kterou zmínilo 62 podniků. Tento důvod je statisticky významně spojen s implementací Průmyslu 4.0, jak prokázal Fisherův exaktní test. Méně často zmiňovanými důvody byly vyšší přidaná hodnota (33 podniků), vznik nových obchodních modelů (25 podniků) a environmentální a sociální přínosy (14 podniků). Druhá analyzovaná otázka se zaměřila na způsoby sběru a využívání dat v podnicích. Z výsledků je patrné, že malé a střední podniky vykazují vyšší míru automatizace v oblasti sběru dat, přičemž 26 z nich využívá automatizovaný sběr dat a dalších 18 podniků kombinuje automatizovaný sběr s prognózami a plánováním na základě těchto dat. V případě velkých podniků je sběr dat nejen automatizován, ale také často využíván pro pokročilé analýzy včetně strojového učení.

Statistické testování prostřednictvím Mann-Whitney U testu odhalilo, že existuje významný rozdíl mezi podniky, které uvažují o implementaci Průmyslu 4.0 a konkrétním způsobem využívají data, a těmi, které o implementaci neuvažují. To naznačuje, že způsob, jakým podniky pracují s daty, má významný vliv na jejich rozhodnutí zavést Průmysl 4.0. Výsledky zároveň ukazují, že podniky, které uvedly důvody jako environmentální a sociální přínosy a vznik nových obchodních modelů, mají větší počet zaměstnanců než ty, které tyto důvody neuvedly, což bylo potvrzeno statisticky významnými rozdíly v počtu zaměstnanců.

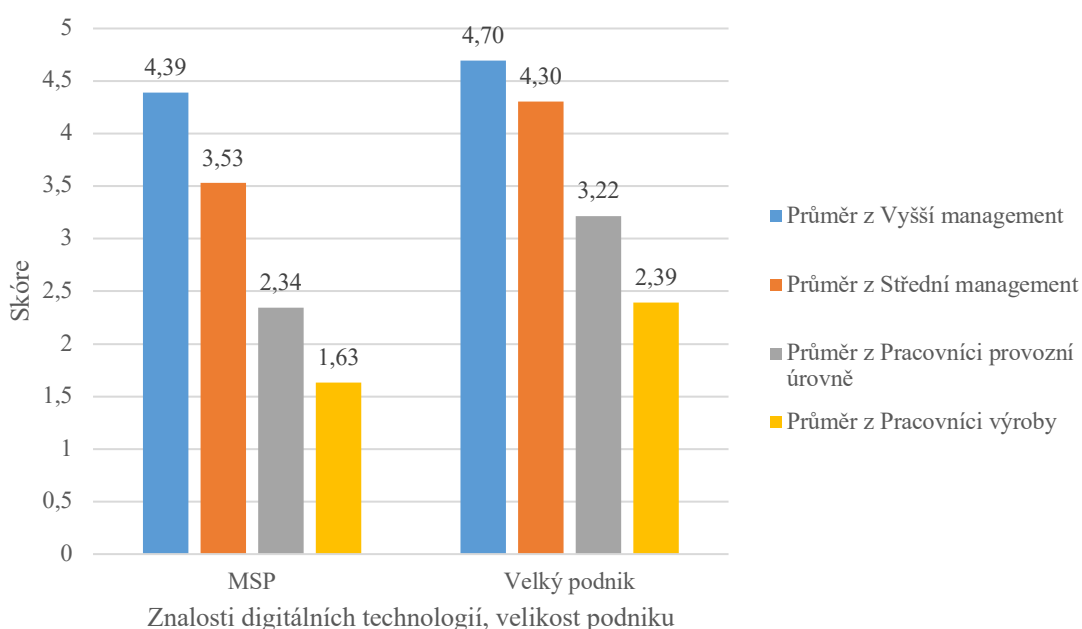
Závěry této kapitoly ukazují, že důvody pro implementaci Průmyslu 4.0 a způsoby práce s daty se výrazně liší podle velikosti podniku. Zatímco větší podniky jsou lépe vybaveny a více motivovány k zavádění moderních technologií, menší podniky čelí větším výzvám v oblasti digitalizace a využívání dat. Téma environmentálních a sociálních přínosů, stejně jako vznik nových obchodních modelů, ukazuje na rostoucí

zájem větších podniků. Zejména téma ESG je dále doplněno řadou výzkumů a některé z nich uvádějí, že velikost podniku není tím jediným faktorem, téma si však žádá hlubší analýzu.

3.4 Dimenze: Zaměstnanci

Práce uvádí lidský faktor, jako jednu z nejzásadnějších bariér implementace Průmyslu 4.0, přičemž kapitola 1.7.1 popisuje předpoklady lidských zdrojů pro adopci Průmyslu 4.0 v rámci České republiky resp., států EU. K dimenzi „zaměstnanci“ byly přímo alokovány 2 otázky a to: „V jakém rozsahu jsou zaměstnanci vašeho podniku seznámeni s digitálními technologiemi?“ a „Jaké znalosti a dovednosti jsou pro vás klíčové, pokud jde o průmysl 4.0?“. Rozložení dat první alokovanou otázku zobrazuje graf č. 21.

Graf 21: Rozložení dat – znalost digitálních technologií



Zdroj: vlastní zpracování

Graf zobrazuje průměrné skóre znalostí digitálních technologií mezi různými úrovněmi zaměstnanců v závislosti na velikosti podniku (MSP a velké podniky). Skóre se pohybuje na škále od 1 do 5 resp., neseznámeni (1) – seznámeni (5).

V malých a středních podnicích (MSP) z pohledu znalostí digitálních technologií vyšší management dosahuje skóre 4,39, to ukazuje na vysokou úroveň znalostí digitálních technologií s horním extrémem 5. Střední management má také relativně vysoké skóre 3,53. Nicméně, pracovníci provozní úrovně (2,34) a zejména pracovníci výroby (1,63) vykazují nižší úroveň znalostí. Případová studie B zdůrazňuje nutnost znalosti digitálních technologií středního podniku ve všech úrovních, na příkladu docházkového systému.

Velké podniky vykazují nejvyšší úroveň znalostí digitálních technologií napříč všemi skupinami. Vyšší management dosahuje průměrného skóre 4,70, což je nejvyšší hodnota mezi sledovanými a střední management také vykazuje velmi vysoké skóre 4,30. Pracovníci provozní úrovně mají průměrné skóre 3,22, tedy výrazně vyšší než v menších podnicích, a i pracovníci výroby dosahují skóre 2,39 - taktéž nejvyšší hodnota pro tuto skupinu v celém souboru.

Analýza ukazuje, že znalosti digitálních technologií rostou s velikostí podniku, a že vyšší management má obecně lepší znalosti než nižší úrovně zaměstnanců. Zajímavostí však je, že velké podniky převyšují svým skóre znalosti digitálních technologií v každé úrovni zaměstnanců, zvláště s ohledem na skutečnost, že hranice mezi středním a velkým podnikem ve výzkumném vzorku je mnohdy pouze v nižších jednotkách desítek zaměstnanců.

Ve snaze najít další faktory, které ovlivňují úroveň znalostí v podnicích, a pokusit se tak vysvětlit rozdíl především mezi středními a velkými podniky. Možnou analýzou je shluková analýza popsaná v metodické části práce, zároveň je však nutné zohlednit ordinální povahu dat ve vztahu ke shlukové analýze. S cílem získat nominální proměnné byla provedená Analýza hlavních komponent (PCA).

Provedení analýzy vyžaduje ověření vhodnosti dat pomocí KMO a Bartlettova testu. Bartlettův test na hladině významnosti $\alpha=0,05$ vedl k zamítnutí nulové hypotézy, která předpokládala, že korelační koeficienty mezi proměnnými jsou nulové ($p < 0,001$). Kaiser-Meyer-Olkinova míra adekvátnosti výběru (KMO) dosáhla hodnoty 0,669. Touto hodnotou je potvrzena vhodnost dat pro redukci proměnných, a to na úrovni „slabé“ – „přijatelné“ vhodnosti dat (Naseer a kol. 2019). Analýza generuje 4 určené proměnné, jejichž skóre přiřazené každému z podniků již má nominální charakter, zachováváme tedy 100 % rozptylu dat. Tabulka č. 12 zobrazuje komponentní zátěže rotovaného řešení, na jejichž základě lze relativně jednoznačně určit o jakou úroveň zaměstnanců se jedná ve vztahu k digitálním technologiím.

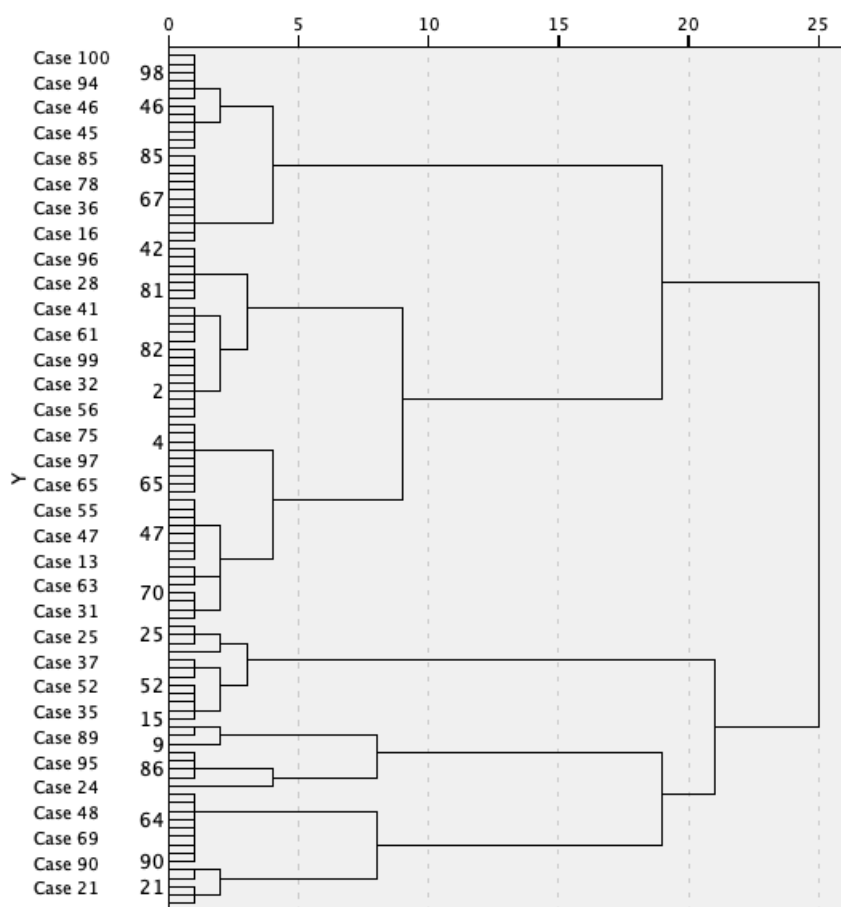
Tabulka 12: Výpočet PCA: komponentní zátěže

	C1	C2	C3	4
Pracovníci výroby	0,021	0,975	0,191	0,109
Pracovníci provozní úrovně	0,200	0,224	0,922	0,224
Střední management	0,329	0,134	0,259	0,898
Vyšší management	0,937	0,020	0,190	0,292

Zdroj: vlastní zpracování

Graf č. 22 zobrazuje výsledky shlukové analýzy v podobě dendrogramu, přičemž měřítko grafu bylo upraveno tak, aby bylo možné stále interpretovat naměřené vzdálenosti. Dále je třeba doplnit že korelace mezi nově vzniklými proměnnými se pohybují na úrovni 0,3 – 0,4, jedná se tedy o slabě korelovaná data, jakožto jeden z předpokladů shlukové analýzy. V dendrogramu osa Y představuje podniky, které jsou postupně shlukovány na základě jejich podobnosti, osa X zobrazuje měřítko vzdálenosti mezi shluky.

Graf 22: Dendrogram

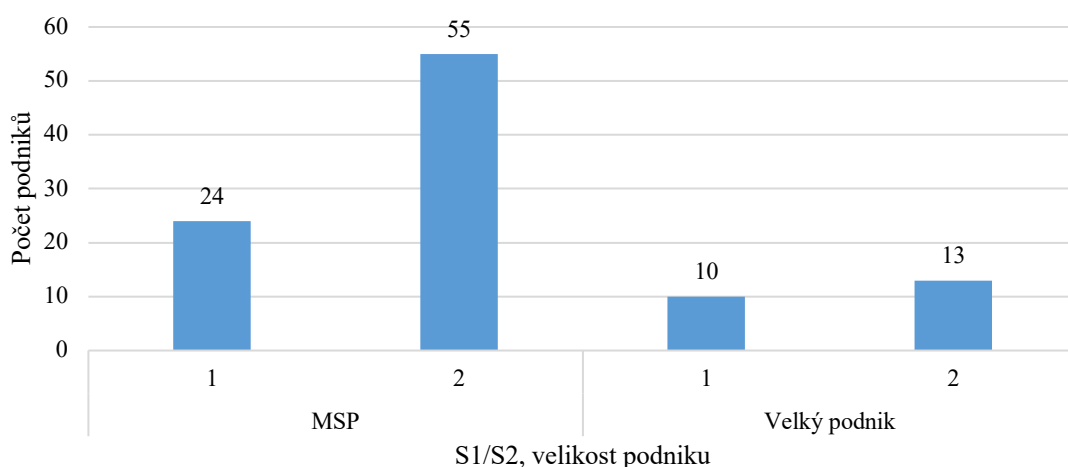


Zdroj: vlastní zpracování

Při analýze dendogramu v grafu č. 22 lze uvažovat o více možnostech počtu konečných shluků. S ohledem na povahu vstupních dat – čtyři úrovně zaměstnanců ve vztahu ke znalostem digitálních technologií, se nabízí jako optimální 4 shluky, avšak takové řešení výsledky nenabízí. Další volbou mohou být tři shluky na úrovni hodnoty 20 osy X, avšak jeden ze shluků by zastupoval velmi malé procento podniků, proto analýza pokračuje se dvěma shluky. Tyto shluky reprezentují skupiny položek, které jsou si uvnitř každého shluku vzájemně podobné, zatímco mezi shluky jsou rozdíly výrazné, a rozdělují tak podniky do dvou skupin (S1, S2), lišící se mírou seznámení úrovněmi zaměstnanců ve vztahu k digitálním technologiím.

Graf č. 23 zobrazuje rozložení dat pro proměnné S1 a S2 společně s velikostmi podniků.

Graf 23: Rozložení dat – S1, S2 – velikost podniku



Zdroj: vlastní zpracování

Graf zobrazuje rozložení podniků podle jejich velikosti a přiřazení do dvou shluků (S1 a S2), které byly identifikovány v přechodí analýze. Vytvořené shluky reprezentují skupiny podniků, které mají podobné úrovně znalostí digitálních technologií mezi zaměstnanci různých úrovní. MSP jsou rozděleny mezi oba shluky, přičemž většina z nich se nachází ve druhém shluku (S2). U velkých podniků je rozdělení rovnoměrnější, avšak s mírnou převahou ve shluku S2. Úvod kapitoly naznačuje, že zaměstnanci velkých podniků dosahují lepšího skóre v digitálních kompetencích napříč všemi úrovněmi. Nabízí se tedy porovnání počtu zaměstnanců skupin podniků S1 a S2.

Tabulka 13: Výpočet MWU – velikost podniku/S1, S2

MWU	H ₀ : Neexistuje rozdíl ve velikosti podniků vyjádřené počtem zaměstnanců mezi těmi podniky, které byly zařazeny do skupiny S1, a těmi, které byly zařazeny do skupiny S2.			
	H ₁ : Existuje rozdíl ve velikosti podniků vyjádřené počtem zaměstnanců mezi těmi podniky, které byly zařazeny do skupiny S1, a těmi, které byly zařazeny do skupiny S2.			
	U	Z	p-value	H0
Velikost podniku	1049,5	-0,756	0,449	nezamítnuta

Zdroj: vlastní zpracování

Na základě dostupných dat a zvolené hladině významnosti se nepodařilo zamítnout nulovou hypotézu, mezi podniky S1 a S2 tedy neexistuje statisticky významný rozdíl v počtu zaměstnanců. Analýza pokračuje vyhodnocením připravenosti podniků v jednotlivých dimenzích, přičemž cílem je zjistit, zda se podniky S1 a S2 liší v připravenosti, jinými slovy, zda úroveň znalostí informačních a digitálních technologií je významným faktorem, pokud jde o míru připravenosti na implementaci Průmyslu 4.0 v jednotlivých dimenzích.

Tabulka 14: Výpočet MWU – připravenost podniků/S1, S2

MWU	H ₀ : Neexistuje rozdíl v připravenosti podniků na implementaci Průmyslu 4.0 mezi skupinami S1 a S2 ve všech zkoumaných dimenzích (strategie, leadership, zákazníci, produkt, kultura, zaměstnanci, technologie).			
	H ₁ : Existuje rozdíl v připravenosti podniků na implementaci Průmyslu 4.0 mezi skupinami S1 a S2 alespoň v jedné z uvedených dimenzí (strategie, leadership, zákazníci, produkt, kultura, zaměstnanci, technologie).			
	U	Z	p-value	H0
Strategie	840	-2,339	0,019	zamítnuta
Leadership	805,5	-2,629	0,009	zamítnuta
Zákazníci	827	-2,458	0,014	zamítnuta
Produkt	836	-2,390	0,017	zamítnuta
Kultura	890,5	-1,995	0,046	zamítnuta
Zaměstnanci	883	-2,056	0,040	zamítnuta
Technologie	771	-2,906	0,004	zamítnuta

Zdroj: vlastní zpracování

Výsledky Mann-Whitneyho U testu ukazují, že na základě dostupných dat a zvolené hladině významnosti $\alpha=0,05$ existuje ve všech zkoumaných dimenzích (strategie, leadership, zákazníci, produkt, kultura, zaměstnanci, technologie) statisticky významný rozdíl v připravenosti podniků na implementaci Průmyslu 4.0 mezi skupinami podniků S1 a S2. Zamítáme tedy nulovou hypotézu ve prospěch alternativní s výše uvedeným závěrem.

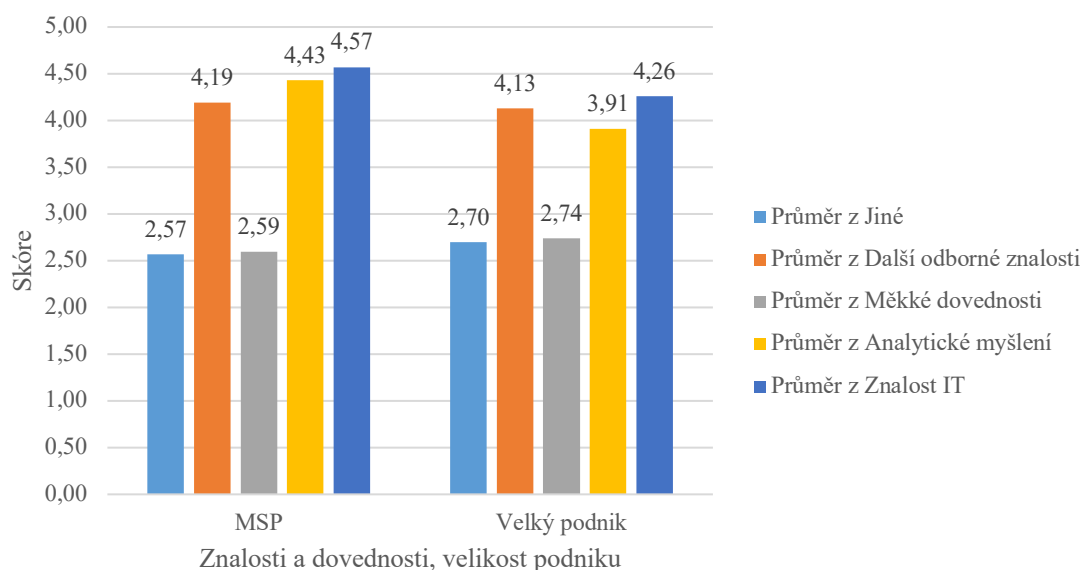
Tak aby bylo možné konstatovat, jaká ze skupin podniků vykazuje lepší připravenost, je nutné porovnat mediány případně průměry hodnot obou skupin v jednotlivých dimenzích. Na základě dostupných dat lze konstatovat, že skupina

podniků S2 vykazuje ve všech sledovaných dimenzích vyšší skóre. Důležité je podotknout, že rozdělení podniků na skupiny S1 a S2 vychází z odpovědí na otázku „V jakém rozsahu jsou zaměstnanci vašeho podniku seznámeni s digitálními technologiemi?“, to znamená, že kompetence zaměstnanců v oblasti informačních resp., digitálních dovednostech významně ovlivňují připravenost podniků skrze všechny pozorované dimenze.

Na úrovni popisné statistiky lze konstatovat, že skupinu podniků S2 tvoří 68 podniků, průměrný počet zaměstnanců je 166 a nenalezneme v ní žádný podnik s méně než 10 zaměstnanci. Zajímavostí pak je, že 88 % podniků náležících do skupiny S2 exportuje své výrobky do zahraničí, zatímco v případě podniků S1 je to pouze 34 %. Obdobný rozdíl mezi skupinami lze pozorovat v počtech IT zaměstnanců, zatímco u skupiny S2 se jedná o průměrně 16% zastoupení zaměstnanců v oblastech IT, u podniků skupiny S1 toto zastoupení klesá na průměrnou hodnotu 9 %.

Druhou přímo alokovanou otázkou pro dimenzi „Zaměstnanci“ byla otázka týkající se klíčových znalostí a dovedností v kontextu Průmyslu 4.0. Rozložení dat na tuto otázku prezentuje graf č. 24.

Graf 24: Rozložení dat – znalosti a dovednosti



Zdroj: vlastní zpracování

Graf zobrazuje hodnocení důležitosti různých znalostí a dovedností pro Průmysl 4.0, rozdělené podle velikosti podniku. Každá znalost či dovednost je hodnocena na škále od 1 do 5, kde vyšší hodnota znamená vyšší míru souhlasu.

Jiné znalosti a dovednosti byly hodnoceny relativně nízko napříč velikostmi podniků, přičemž průměrné skóre se pohybovalo od 2,57 v případě MSP až po 2,70 ve velkých podnicích. Toto naznačuje, že tyto "jiné" znalosti nejsou považovány za klíčové ve srovnání s ostatními dovednostmi obsaženými v dotazníkovém šetření.

Další odborné znalosti byly hodnoceny relativně velmi vysoko napříč všemi velikostmi podniků. MSP jim přiřadily průměrné skóre 4,19, a ve velkých podnicích dosáhly 4,13. Tento výsledek ukazuje, že odborné znalosti jsou vnímány jako klíčové pro úspěšnou implementaci Průmyslu 4.0 bez ohledu na velikost podniku. Měkké dovednosti byly hodnoceny relativně nízko napříč všemi velikostmi podniků, což ukazuje, že nejsou považovány za kritické narozdíl od jiných typů dovedností. MSP jim přiřadily skóre 2,59, zatímco u velkých podnicích se zvýšilo na 2,74. Tento výsledek naznačuje, že měkké dovednosti jsou vnímány jako méně důležité, zejména v kontextu menších podniků.

Analytické myšlení bylo hodnoceno jako velmi důležité, a to především v MSP, kdy bylo hodnoceno průměrem 4,43 a ve velkých podnicích 3,91. Znalosti IT byly hodnoceny jako velmi důležité napříč všemi velikostmi podniků. MSP přisoudily těmto znalostem nejvyšší průměrné skóre 4,57, následují velké podniky se skóre 4,26. Tento výsledek ukazuje, že IT dovednosti jsou považovány za klíčové, to však není v kontextu čtvrté průmyslové revoluce nikterak překvapující. Z dostupných dat vyplývá, že další odborné znalosti, IT dovednosti a analytické myšlení jsou považovány za klíčové aspekty pro implementaci Průmyslu 4.0, zatímco měkké dovednosti a jiné znalosti jsou vnímány jako méně důležité.

3.4.1 Shrnutí kapitoly

V této kapitole byla analyzována dimenze „Zaměstnanci“ se zaměřením na jejich připravenost a klíčové dovednosti nezbytné pro implementaci Průmyslu 4.0. Kapitola zkoumala dvě klíčové otázky: míru seznámení zaměstnanců s digitálními technologiemi a důležitost různých znalostí a dovedností v kontextu čtvrté průmyslové revoluce.

První část kapitoly se věnovala analýze míry seznámení zaměstnanců s digitálními technologiemi. Výsledky ukázaly, že vyšší management ve všech typech podniků vykazuje nejvyšší úroveň znalostí, přičemž tyto znalosti rostou s velikostí podniku. Ve velkých podnicích dosahuje vyšší management průměrného skóre 4,70, zatímco pracovníci výroby mají nejnižší skóre 2,39, což je stále nejvyšší hodnota ve srovnání s menšími podniky.

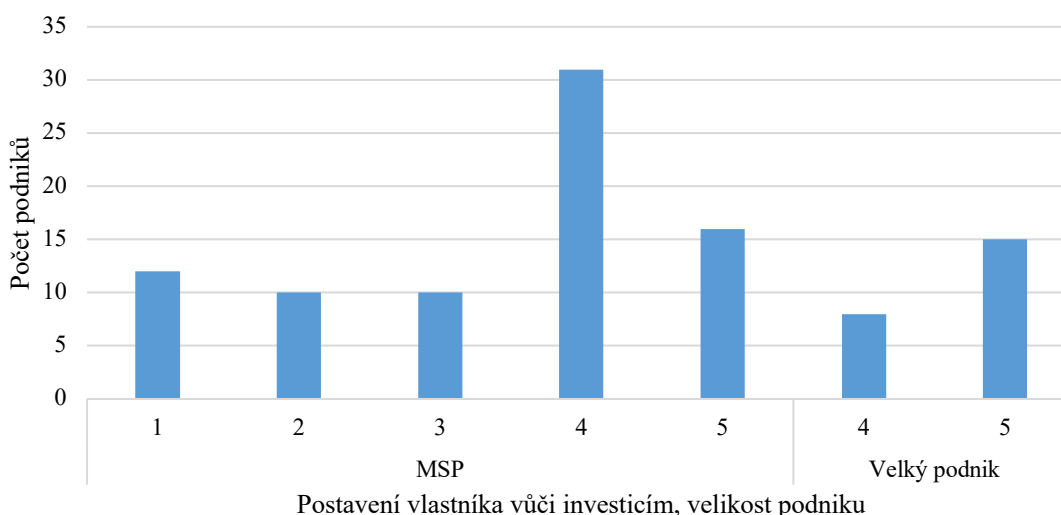
Shluková analýza provedená na základě těchto výsledků rozdělila podniky do dvou hlavních shluků (S1 a S2), které reprezentují rozdílné úrovně znalostí digitálních technologií mezi zaměstnanci. Výsledky ukázaly, že podniky ve shluku S2, který zahrnuje převážně větší podniky, vykazují vyšší připravenost na implementaci Průmyslu 4.0 ve všech sledovaných dimenzích (strategie, leadership, zákazníci, produkt, kultura, zaměstnanci, technologie). Dále bylo zjištěno, že podniky ve shluku S2 mají průměrně vyšší počet zaměstnanců (166) a výrazně vyšší míru exportu (88 %), což potvrzuje význam digitálních kompetencí pro konkurenceschopnost a globální působení.

Druhá část kapitoly analyzovala klíčové znalosti a dovednosti potřebné pro Průmysl 4.0. Nejvyšší důraz byl kladen na odborné znalosti a IT dovednosti, které byly hodnoceny jako klíčové ve všech typech podniků, s průměrným skóre přesahujícím 4.0. Naopak měkké dovednosti a jiné znalosti byly považovány za méně důležité, zejména v menších podnicích, kde dosáhly nižšího hodnocení. Výsledky také naznačují, že menší podniky mohou potřebovat větší podporu v oblasti rozvoje digitálních dovedností, aby mohly plně využít potenciál čtvrté průmyslové revoluce.

3.5 Dimenze: Leadership

V pořadí další hodnocenou dimenzí je leadership. Této dimenze byly přímo alokovány dvě otázky, a to: „V jakém postavení se nachází vlastník vůči investicím do modernizace podniku?“ a „Máte v rámci podniku stanovené KPI v oblasti průmyslu 4.0?“. Rozložení dat na první otázku zobrazuje graf č. 25.

Graf 25: Rozložení dat – postavení vlastníka vůči investicím



Zdroj: vlastní zpracování

Graf znázorňuje rozložení odpovědí na otázku týkající se postoje vlastníka vůči investicím do modernizace podniku podle velikosti podniku. Odpovědi jsou škálovány od 1 do 5, kde 1 znamená "Neuznává hodnotu investic do modernizace podniku" a 5 znamená "Silná podpora v rámci managementu i širším okruhu zaměstnanců."

U malých a středních podniků (MSP) vidíme, že většina podniků uvedla hodnotu 4 (31), což naznačuje relativně silnější podporu investic na uvedené škále. Také je zde zaznamenán vyšší počet podniků, které se pohybují mezi hodnotami 3 až 5 (57), což signalizuje, že na úrovni MSP panuje spíše větší důvěra v hodnotu investic do modernizace podniků. U velkých podniků je vidět rozdělení odpovědí pouze mezi hodnoty 4 a 5, to poukazuje na vysokou podporu investic do modernizace ze strany vlastníků. Tento výsledek naznačuje, že s rostoucí velikostí podniku roste i podpora investic do modernizace.

Výzkum ČSÚ (2024) se mimo jiné týkal bariér, překážek, které stojí v cestě podnikům v inovačních aktivitách a s tím spjatých investic. Tabulka č. 15 poskytuje podrobný přehled o bariérách, se kterými se podniky výhradně v potravinářském

průmyslu setkávají při inovacích. Podniky mohly volit více odpovědí, přičemž se jedná pouze o neinovující podniky. Nejvýznamnější „překážkou“ je skutečnost, že téměř polovina podniků (47,8 %) necítila v období 2020–2022 potřebu inovovat. Dalším zásadním faktorem je nedostatek finančních prostředků, který uvedlo 29,1 % podniků. "Jiné důvody" byly zmíněny 31,4 % podniků, což ukazuje na široké spektrum dalších individuálních překážek jako jsou jiné priority, špatná doba na inovace nebo nízká či nejistá návratnost investic do inovací. Nedostatek kvalifikovaných pracovníků (18,9 %) a nápadů k inovacím (17,1 %) jsou dalšími významnými bariérami, které brání inovacím v tomto sektoru. Ostatní faktory, jako jsou obtíže při získání veřejné finanční podpory (13,3 %) a nedostatek vhodných partnerů pro inovační spolupráci (7,0 %), mají nižší zastoupení mezi odpověďmi.

Tabulka 15: Bariéry inovačních aktivit

Nedostatek finančních prostředků		Obtíže při získání finančních podpory z veřejných zdrojů		Nedostatek kvalifikovaných pracovníků		Nedostatek materiálu, polotovarů či dílů		Nedostatek vhodných partnerů pro inovační spolupráci		Nedostatek nápadů či podnětů k inovacím		Nedostatečné rozhodovací pravomoci podniku		Jiné důvody*		V tomto období nebylo potřeba vůbec inovovat	
n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
198	29,1	90	13,3	129	18,9	44	6,5	47	7,0	116	17,1	22	3,3	214	31,4	325	47,8

Zdroj: ČSÚ (2024)

Výše uvedený výzkum je východiskem pro statistické testování, ve snaze zjistit, zda existuje závislost, mezi postavením vlastníka vůči inovacím a jednotlivým bariérám implementace. K ověření závislosti na zvolené hladině významnosti je využito Pearsonova X^2 testu a k určení síly závislosti pak Cramérova koeficientu. Testování se však stává nespolehlivým, neboť nebyly splněny podmínky dobré aproximace – namísto Pearsonova X^2 testu je zvolen Spearmanův korelační koeficient. Výsledky zobrazuje tabulka č. 16.

Tabulka 16: Výpočet Spearman – postavení vlastníka/bariéry implementace

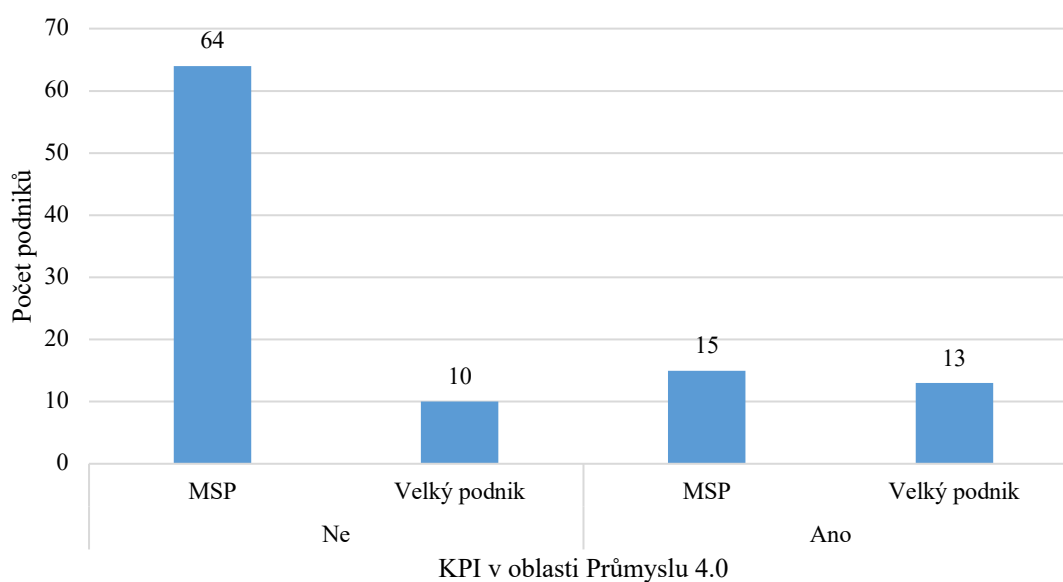
Spearman	H ₀ : Postavení vlastníka vůči inovacím a konkrétní bariéry implementace Průmyslu 4.0 jsou nezávislé veličiny.		
	H ₁ : Non H ₀		
	ρ	p-value	H ₀
Nízký stupeň digitalizace	-0,660	<0,001	zamítnuta
Nedostatek finančních zdrojů	-0,449	<0,001	zamítnuta
Neopodstatnění	-0,176	0,076	nezamítnuta
Bezpečnostní hrozby	-0,048	0,632	nezamítnuta
Nedostatečná IT infrastruktura	-0,137	0,168	nezamítnuta
Byrokracie	-0,208	0,036	zamítnuta
Jiné	-0,048	0,632	nezamítnuta

Zdroj: vlastní zpracování

Výsledky Spearmanovy korelační analýzy ukazují, že existuje statisticky významný vztah mezi postavením vlastníka vůči inovacím a několika bariérami implementace Průmyslu 4.0. Nejvýraznější korelace byla zjištěna u nízkého stupně digitalizace ($\rho = -0,660$, $p < 0,001$), naznačující silný negativní vztah – s rostoucí podporou vlastníka pro inovace klesá vnímání nízké digitalizace jakožto bariéry implementace. Podobně, u nedostatku finančních zdrojů ($\rho = -0,449$, $p < 0,001$) je zjištěn středně silný negativní vztah, což opět naznačuje, že větší podpora vlastníka je spojena s menším vnímáním této bariéry. Byrokracie vykazuje slabší, ale stále statisticky významnou negativní korelaci ($\rho = -0,208$, $p = 0,036$) i zde tedy hraje podpora vlastníka určitou roli. Naopak, u neopodstatnění, bezpečnostních hrozeb, nedostatečné IT infrastruktury a kategorie "Jiné" nebyl zjištěn statisticky významný vztah.

Analýza pokračuje druhou otázkou alokovanou této dimenzi, přičemž rozložení dat na otázku „Máte v rámci podniku stanovené KPI v oblasti průmyslu 4.0?“ zobrazuje graf č. 26.

Graf 26: Rozložení dat – KPI v oblasti Průmyslu 4.0



Zdroj: vlastní zpracování

Graf č. 26 zobrazuje, jak podniky různých velikostí přistupují ke stanovení klíčových ukazatelů výkonnosti (KPI) v oblasti Průmyslu 4.0. Nejvíce se v této oblasti odlišují malé a střední podniky (MSP), kde většina (64 podniků) uvedla, že KPI nemají, naopak 15 MSP již KPI stanovilo, to ukazuje na různé úrovně připravenosti v rámci této kategorie podniků. Z pohledu pododdílů oddílu 10 CZ-NACE nemá žádný podnik stanovená KPI

ve skupinách Výroba mlýnských a škrobářenských výrobků a Zpracování a konzervování ryb, koryšů a měkkýšů.

U velkých podniků je rozložení vyrovnanější, přičemž 13 podniků má KPI v oblasti Průmyslu 4.0 stanovena a 10 podniků nikoliv. Graf naznačuje, že velikost podniku hraje klíčovou roli v rozhodování o implementaci KPI v oblasti Průmyslu 4.0, přičemž menší podniky často zaostávají za většími. Výstup z popisné statistiky implikuje následující statistické testování:

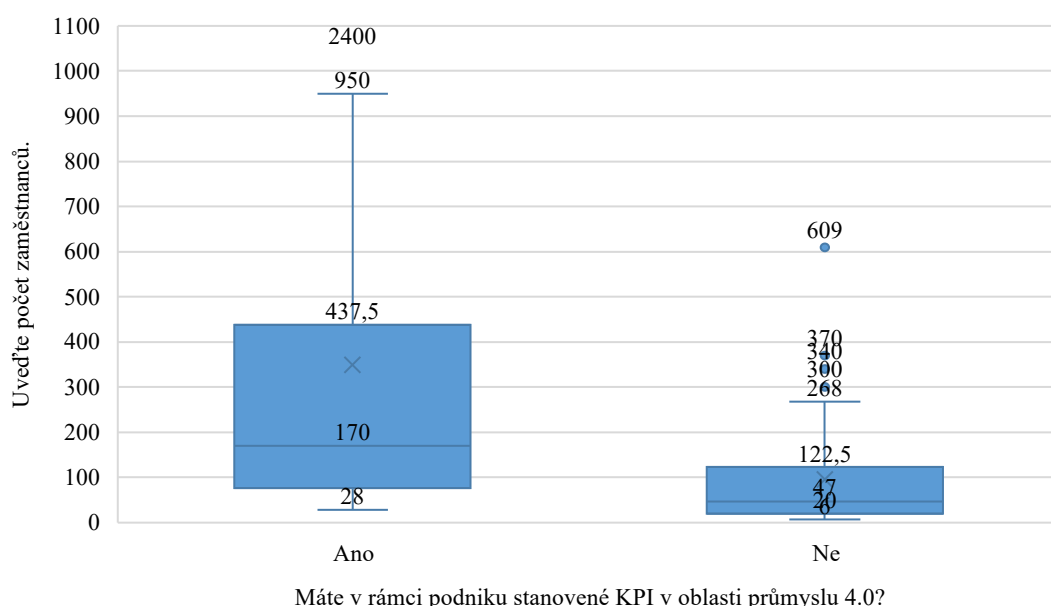
Tabulka 17: Výpočet MWU – velikost podniku/KPI

MWU	H ₀ : Neexistuje rozdíl ve velikosti podniků vyjádřené počtem zaměstnanců a stanovením KPI v oblasti průmyslu 4.0.			
	H ₁ : Existuje rozdíl ve velikosti podniků vyjádřené počtem zaměstnanců a stanovením KPI v oblasti průmyslu 4.0.			
	U	Z	p-value	H0
Velikost podniku	392.5	-4,828	<0,001	zamítnuta

Zdroj: vlastní zpracování

Na základě dostupných dat a zvolené hladině významnosti, prokazují výsledky Mann-Whitney U testu, že existuje statisticky významný rozdíl ve velikosti podniků vyjádřené počtem zaměstnanců a tím, zda mají stanovené KPI v oblasti Průmyslu 4.0. Hodnota p-value menší než 0,001, vede k zamítnutí nulové hypotézy. To znamená, že velikost podniku má vliv na to, zda jsou v něm stanoveny KPI v oblasti Průmyslu 4.0. Závěr analýzy je podpořen boxovým diagramem na grafu č. 27.

Graf 27: Boxový diagram



Zdroj: vlastní zpracování

Boxový diagram zobrazuje rozložení počtu zaměstnanců v podnicích v závislosti na tom, zda mají stanovené KPI v oblasti Průmyslu 4.0. Pro podniky, které KPI stanoveny mají, je mediánový počet zaměstnanců 170, s kvartily v rozmezí 28 až 437,5 zaměstnanců. Maximální hodnota v této skupině je 950 zaměstnanců, ale jsou zde i odlehlé hodnoty, včetně extrémního případu s 2400 zaměstnanci.

U podniků, které KPI nemají, je mediánový počet zaměstnanců 47, s kvartily mezi 20 a 122,5 zaměstnanci. Maximální hodnota v této skupině je 288 zaměstnanců, a také zde se vyskytují odlehlé hodnoty, z nichž nejvyšší je 609 zaměstnanců. Tyto odlehlé hodnoty naznačují, že v obou skupinách existují podniky s výrazně vyšším počtem zaměstnanců, které se liší od většiny ostatních podniků. Diagram však především prokazuje, že podniky se stanovenými KPI mají tendenci být větší než ty, které KPI nemají.

Braglia a kol. (2022); Liebrecht a kol. (2021); Nara a kol. (2021) diskutují KPI ve vztahu k implementaci Průmyslu 4.0 a docházejí například k závěrům, že bylo učiněno jen velmi málo úsilí k vytvoření užitečných ukazatelů schopných monitorovat implementaci technologií Průmyslu 4.0 a navrhuje tak často modifikované KPI ukazatele. Lze předpokládat, že podniky, které již mají stanoveny KPI v oblasti průmyslu 4.0 vykazují větší připravenost na implementaci nežli podniky, které dané metriky nesledují.

Tabulka 18: Výpočet MWU – připravenost podniků/KPI

MWU	H ₀ : Neexistuje rozdíl v připravenosti podniků na implementaci Průmyslu 4.0 ve zkoumaných dimenzích (strategie, leadership, zákazníci, produkt, kultura, zaměstnanci, technologie) a tím, zda mají stanoveny KPI v oblasti Průmyslu 4.0.			
	H ₁ : Existuje rozdíl v připravenosti podniků na implementaci Průmyslu 4.0 ve zkoumaných dimenzích (strategie, leadership, zákazníci, produkt, kultura, zaměstnanci, technologie) a tím, zda mají stanoveny KPI v oblasti Průmyslu 4.0.			
	U	Z	p-value	H ₀
Strategie	310	-5,677	<0,001	zamítnuta
Leadership	497,5	-4,266	<0,001	zamítnuta
Zákazníci	432	-4,767	<0,001	zamítnuta
Produkt	381	-5,167	<0,001	zamítnuta
Kultura	371,5	-5,273	<0,001	zamítnuta
Zaměstnanci	539,5	-3,950	<0,001	zamítnuta
Technologie	336	-5,581	<0,001	zamítnuta

Zdroj: vlastní zpracování

Na základě dostupných dat a zvolené hladině významnosti se podařilo zamítnout nulovou hypotézu, tedy že neexistuje rozdíl v připravenosti podniků na implementaci Průmyslu 4.0 ve sledovaných dimenzích a tím, zda mají stanoveny KPI ve prospěch alternativní, tedy že existuje statisticky významný rozdíl v připravenosti podniků na

implementaci Průmyslu 4.0 mezi podniky, které mají stanoveny KPI v oblasti Průmyslu 4.0, a těmi, které KPI nemají, ve všech zkoumaných dimenzích. Následné porovnání mediálních hodnot dokazuje, že podniky, které mají stanovená KPI dosahují lepší připravenosti ve všech sledovaných dimenzích.

3.5.1 Shrnutí kapitoly

Tato kapitola byla zaměřena na dimenzi leadershipu ve vztahu k implementaci Průmyslu 4.0. Tato dimenze zahrnovala dvě klíčové otázky: jaký je postoj vlastníka podniku k investicím do modernizace a zda mají podniky stanoveny klíčové ukazatele výkonnosti (KPI) v oblasti Průmyslu 4.0.

První otázka se zabývala postojem vlastníka podniku vůči investicím do modernizace. Výsledky ukazují, že podpora investic roste s velikostí podniku. V případě malých a středních podniků jsou výsledky různorodé, přičemž většina podniků vykazuje podporu na úrovni 4, to signalizuje silnější důvěru v hodnotu investic do modernizace. U velkých podniků je podpora investic ještě výraznější, s odpověďmi koncentrovanými na hodnotách 4 a 5. Výsledky ukazují jasný trend, tedy že s rostoucí velikostí podniku roste také podpora vlastníka pro modernizaci a inovace.

Další analýza odhalila, že existuje statisticky významný vztah mezi postojem vlastníka k investicím a několika bariérami implementace Průmyslu 4.0. Nejvýraznější negativní korelace byla zjištěna u nízkého stupně digitalizace, což naznačuje, že větší podpora vlastníka je spojena s menším vnímáním této bariéry. Podobně, nedostatek finančních zdrojů vykazuje středně silný negativní vztah, to opět naznačuje, že větší podpora vlastníka souvisí s menšími problémy s financováním modernizace podniku. Byrokracie rovněž vykazuje slabší, ale stále statisticky významnou negativní korelaci. Naopak u neopodstatnění, bezpečnostních hrozeb, nedostatečné IT infrastruktury a jiných důvodů nebyl zjištěn statisticky významný vztah, to naznačuje, že podpora vlastníka v těchto oblastech nehraje tak významnou roli.

Druhá otázka se zaměřila na stanovení klíčových ukazatelů výkonnosti (KPI) v oblasti Průmyslu 4.0. Výsledky ukázaly, že větší podniky častěji stanovují KPI než menší podniky. V kategorii malých a středních podniků nemá 64 z nich KPI stanovena, avšak 15 podniků již KPI v oblasti Průmyslu 4.0 stanovilo, což signalizuje různé úrovně připravenosti v této kategorii. U velkých podniků je rozložení odpovědí vyrovnanější, přičemž 13 podniků má KPI stanovena a 10 nikoliv.

Mann-Whitneyho U test prokázal, že existuje statisticky významný rozdíl mezi velikostí podniků a tím, zda mají stanoveny KPI v oblasti Průmyslu 4.0. Podniky, které mají KPI stanovena, mají tendenci být větší a lépe připravené na implementaci Průmyslu 4.0 ve všech sledovaných dimenzích (strategie, leadership, zákazníci, produkt,

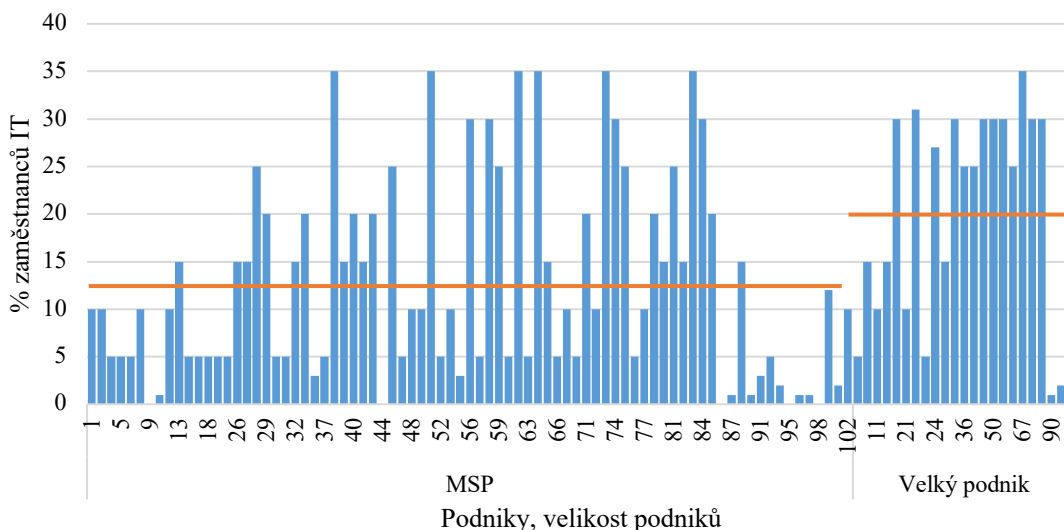
kultura, zaměstnanci, technologie). Následné porovnání mediánových hodnot ukazuje, že podniky se stanovenými KPI vykazují lepší připravenost ve všech těchto dimenzích.

Z výsledků vyplývá, že podpora vlastníka a stanovení KPI hrají klíčovou roli při zajištění úspěšné implementace Průmyslu 4.0. Větší podniky mají nejen větší podporu vlastníka, ale také častěji stanovují KPI, to indikuje vyšší míru připravenosti na technologickou transformaci.

3.6 Dimenze: Kultura

V pořadí šestou hodnocenou dimenzí je kultura. Této dimenzi byly přímo alokovány dvě otázky, a to: „Kolik % zaměstnanců tvoří přibližně pracovníci z oboru IT?“ a „Jaká je úroveň digitalizace v uvedených oblastech?“. Rozložení dat na první otázku zobrazuje graf č. 28

Graf 28: Rozložení dat – podíl IT zaměstnanců



Zdroj: vlastní zpracování

Graf č. 28 znázorňuje procentuální podíl zaměstnanců IT v různě velkých podnicích, rozdělených dle velikosti podniků. Každý sloupec v grafu představuje konkrétní podnik a odpovídající procentuální podíl zaměstnanců pracujících v útvech IT. Oranžová přímka v každé kategorii podniků značí průměrný podíl IT zaměstnanců v dané velikostní skupině podniků.

Malé a střední podniky (MSP) mají průměrný podíl IT zaměstnanců 12,5 %, vykazují však značnou variabilitu mezi jednotlivými podniky v této kategorii, a to od 0 do 35 %.

Velké podniky mají nejvyšší průměrný podíl IT zaměstnanců, a to 19,9 %. Tento průměr je znázorněn oranžovou přímkou, která je ve srovnání s MSP výše, což svědčí o větší koncentraci IT odborníků v těchto podnicích. V grafu je vidět, že většina velkých podniků má podíl IT zaměstnanců nad 10 %, přičemž 9 podniků se pohybuje i v rozmezí 30-40 %. Zajímavostí je variabilita u malých a středních podniků, a naopak relativní homogenita u podniků velkých. Koraca (2021) ve svém výzkumu, kterého se zúčastnilo 209 podniků různých velikostí, uvádí, že implementace informačních a komunikačních

technologií, jako jsou ERP systémy, CRM systémy, a automatizované výrobní systémy, vedla k významným změnám v organizačních strukturách. Tyto změny zahrnovaly vytváření nových organizačních jednotek, zrušení stávajících jednotek a změny v hierarchii, přičemž byly častější u větších podniků.

Tabulka 19: Výpočet Pearson – velikost podniků/podíl IT zaměstnanců

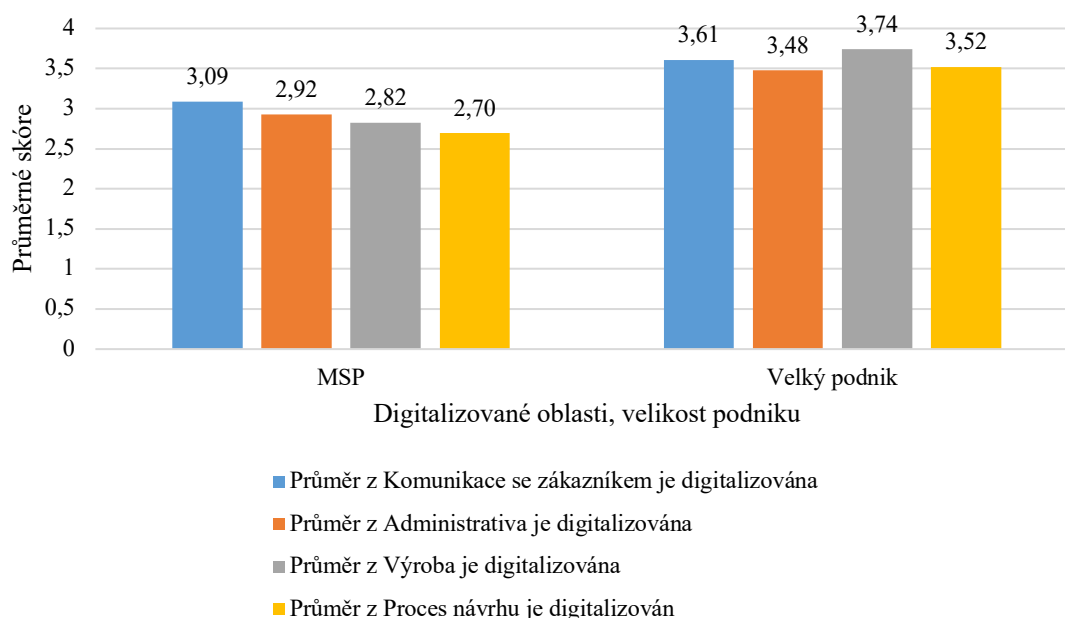
Pearson	H ₀ : Podíl IT zaměstnanců podniků a jejich velikost vyjádřená počtem zaměstnanců jsou nezávislé veličiny.		
	H ₁ : Non H ₀		
	r	p-value	H ₀
Zaměstnanci IT	0,33	<0,001	zamítnuta

Zdroj: vlastní zpracování

Na základě dostupných dat a zvolené hladině významnosti bylo testem závislosti prokázáno, že existuje statisticky významný pozitivní vztah mezi podílem IT zaměstnanců v podnicích a velikostí těchto podniků vyjádřenou počtem zaměstnanců. Korelační koeficient $r=0,33$ naznačuje, že s rostoucím počtem zaměstnanců v podniku roste i podíl IT pracovníků, ačkoli tento vztah není silný.

Druhou, přímo alokovanou otázkou této dimenzi, byla „Jaká je úroveň digitalizace v uvedených oblastech?“ Rozložení dat na otázku zobrazuje graf č. 29.

Graf 29: Rozložení dat – úroveň digitalizace



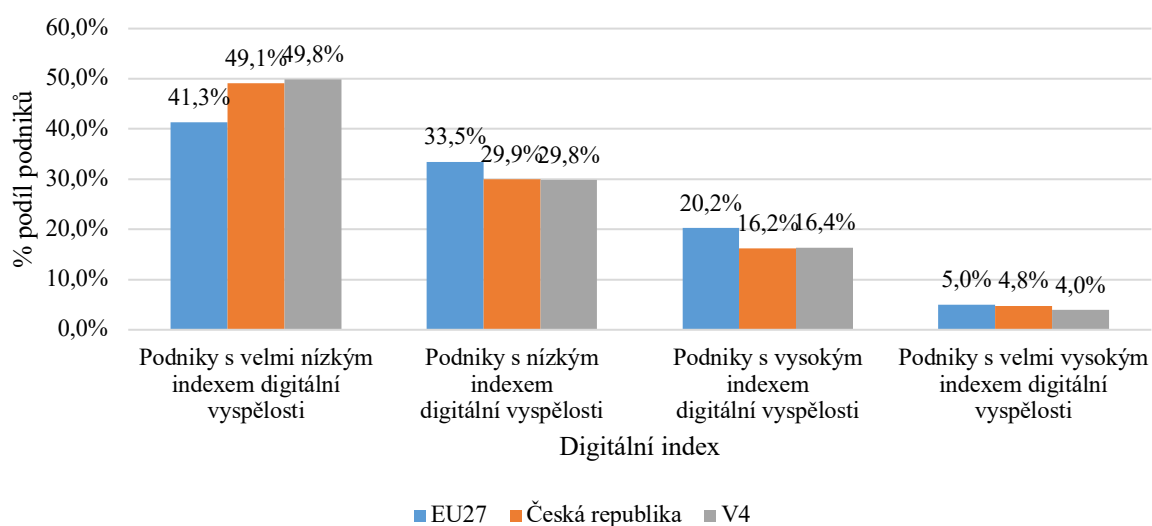
Zdroj: vlastní zpracování

Graf zobrazuje průměrné skóre úrovně digitalizace v různých oblastech (komunikace se zákazníky, administrativa, výroba, a proces návrhu) podle velikosti podniku. V případě malých a středních podniků (MSP) jsou průměrné hodnotami okolo

2,9 ve všech oblastech, přičemž nejvyšší úroveň digitalizace je dosažena v komunikaci se zákazníky (3,09). Velké podniky vykazují vyšší úroveň digitalizace napříč všemi oblastmi, s průměrným skóre přes 3,5, přičemž nejvyšší hodnota 3,74 je v oblasti administrativy. Podobně jako v předchozích analýzách lze pozorovat trend, kdy větší podniky dosahují vyššího skóre ve všech sledovaných oblastech.

Data Eurostatu publikovaná v prosinci 2023 zobrazují tzv. Index digitální vyspělosti, který je založen na 12 průřezových ukazatelích digitální vyspělosti. Podniky byly hodnoceny na ukazatelích, jakými jsou například: rychlost připojení k internetu, využívání cloudových služeb, využívání ERP systémů, CRM systémů, využívání elektronických prodejů, sociálních médií nebo provádění pokročilé analýzy dat. Eurostat neposkytuje data pro jednotlivá průmyslové odvětví, na grafu č. 30 je tak možné pozorovat srovnání zemí V4 a průměru EU.

Graf 30: Index digitální vyspělosti

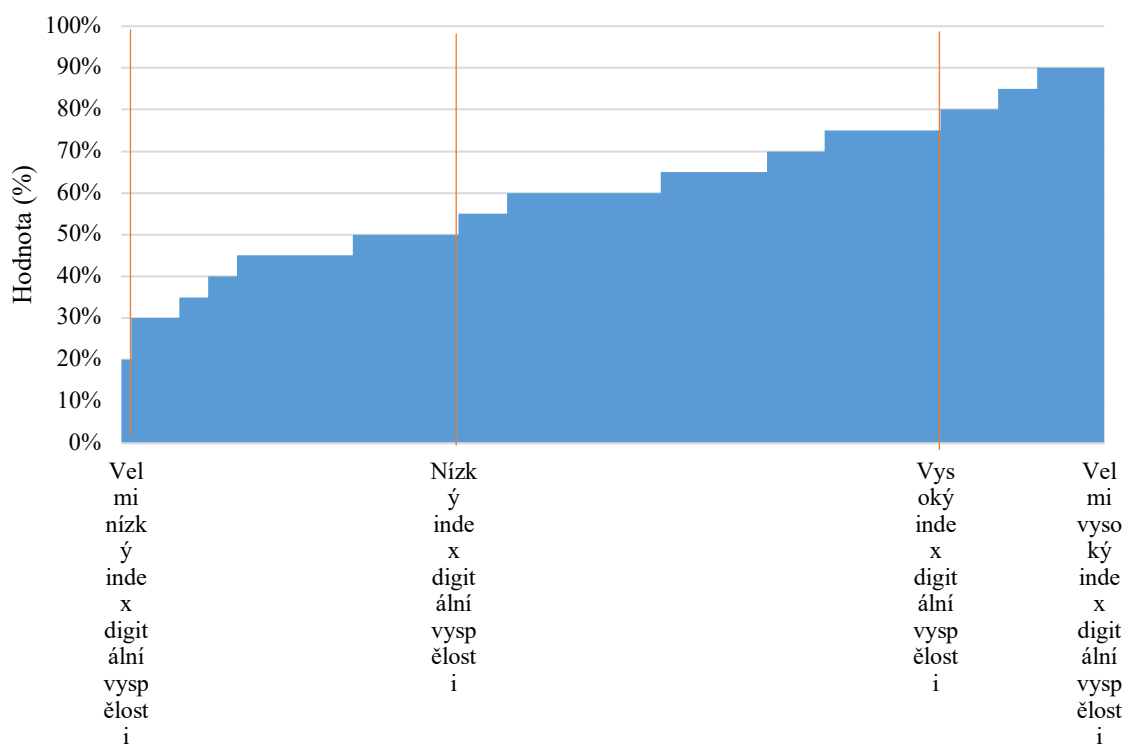


Zdroj: vlastní zpracování dle Eurostat (2023)

Graf č. 30 zobrazuje procentuální podíl podniků v EU27, České republice a zemích V4 podle jejich digitální vyspělosti, přičemž podniky jsou rozděleny do čtyř kategorií. V kategorii podniků s velmi nízkým indexem digitální vyspělosti je největší podíl v zemích V4 (49,8 %), následovaný Českou republikou (49,1 %) a průměrem EU27 (41,3 %). Pokud jde o podniky s nízkým indexem digitální vyspělosti, zde je rozdíl menší, a to s nejvyšším podílem v EU27 (33,5 %) a podobnými hodnotami v České republice (29,9 %) a zemích V4 (29,8 %).

U podniků s vysokým indexem digitální vyspělosti má nejvyšší podíl opět průměr zemí EU27 (20,2 %), zatímco Česká republika a V4 vykazují nižší podíly (16,2 % a 16,4 %). V kategorii podniků s velmi vysokým indexem digitální vyspělosti je podíl těchto podniků nejnižší ze všech stupňů digitální vyspělosti, přičemž nejvyšší podíl je opět v EU27 (5,0 %), zatímco Česká republika (4,8 %) a V4 (4,0 %) dosahují hodnot nižších. Při bližším zaměření na země V4 je zřejmé, že Česká republika má společně se Slovenskem nejvyšší zastoupení v kategorii s velmi nízkým stupněm digitální vyspělosti. Ve druhém a třetím stupni indexu digitální vyspělosti pak ČR opět společně se Slovenskem vykazuje nižší hodnoty než zbylé země V4, což může být v kontextu České republiky chápáno jako pozitivní, neboť v nejvyšším stupni indexu digitální připravenosti dosahuje zastoupení 4,8 % podniků. Na rozdíl od Slovenska (3,2 %), Maďarska (3,9 %) a Polska (4 %). Je zřejmé, že výzkum nelze na dostupných datech replikovat v plném rozsahu, přesto je možné vypočítat průměrná skóre po každém podniku a následně definovat 4 stupně digitální vyspělosti. Kategorie rozřazení podniků dle dosažených skóre jsou stanoveny v návaznosti na výzkum Eurostatu následovně: Velmi nízký index digitální vyspělosti (0-25 %), nízký index digitální připravenosti (26-50 %), vysoký index digitální vyspělosti (51-75 %) a velmi vysoký index digitální vyspělosti (76-100 %).

Graf 31: Index digitální vyspělosti



Zdroj: vlastní zpracování

Graf č. 31 zobrazuje rozložení podniků dle digitální vyspělosti podniků na základě vypočítaného skóre. Z výsledků je patrné, že většina podniků spadá do kategorie s vysokým indexem digitální vyspělosti, konkrétně 50. Následuje kategorie s nízkým indexem digitální vyspělosti, do které spadá 34 podniků. Kategorie s velmi vysokým indexem digitální vyspělosti zahrnuje 17 podniků a pouze jeden podnik spadá do kategorie s velmi nízkým indexem digitální vyspělosti. Zajímavostí je, že tento jediný podnik spadající do nejnižší úrovně digitální vyspělosti je podnik s více než 200 zaměstnanci spadající do kategorie Výroba pekařských, cukrářských a jiným moučných výrobků.

Zástupci nejvyšší úrovně digitální vyspělosti jsou výhradně malé a střední podniky a velké podniky, které tvoří většinu. Převažující ekonomickou činností v této kategorii je Výroba ostatních potravinářských výrobků. Převažujícími společnými rysy těchto podniků je právní forma v podobě akciové společnosti a z dostupných zdrojů, případně webů společností je zřejmé, že se jedná o podniky, které jsou často součástí nadnárodních společností a také zde nalezneme podniky, jejichž převažujícími obchodními kanály jsou online platformy.

3.6.1 Shrnutí kapitoly

Kapitola věnovaná dimenzi kultury v podnicích, analyzovala dvě klíčové otázky: „Kolik % zaměstnanců tvoří přibližně pracovníci z oboru IT?“ a „Jaká je úroveň digitalizace v uvedených oblastech?“.

Podíl IT zaměstnanců se výrazně liší podle velikosti podniku. Malé a střední podniky vykazují různorodý podíl IT zaměstnanců. Naopak velké podniky mají vyšší podíl IT odborníků. MSP vykazují průměrné hodnoty, pokud jde o otázku týkající se digitalizace, přičemž nejvyšší úroveň digitalizace dosahují v oblasti komunikace se zákazníky s průměrnou hodnotou 3,13. Velké podniky vykazují nejvyšší úroveň digitalizace napříč všemi oblastmi, s průměrným skóre přes 3,5, přičemž nejvyšší úroveň digitalizace je v oblasti administrativy, kde dosahuje hodnoty 3,74. Tento trend potvrzuje, že větší podniky mají obecně vyšší úroveň digitalizace.

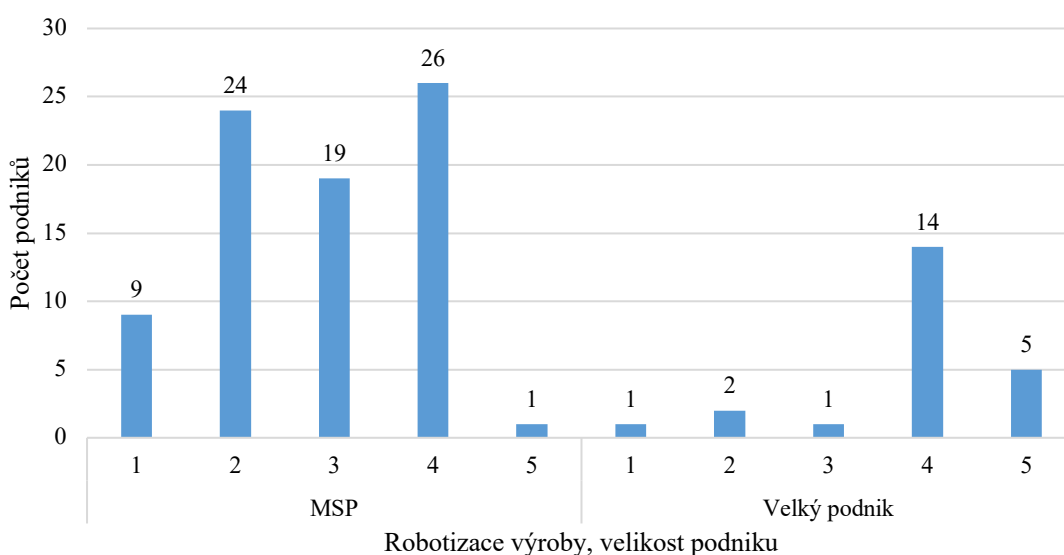
Kapitola také odkazuje na data Eurostatu, která poskytují širší kontext v oblasti digitální vyspělosti podniků v rámci zemí EU. Index digitální vyspělosti hodnotí podniky na základě 12 ukazatelů. Výsledky naznačují, že Česká republika vykazuje relativně vysoké zastoupení podniků s velmi nízkou digitální vyspělostí, podobně jako ostatní země V4. Nicméně, ve srovnání s průměrem EU27, Česká republika i země V4 vykazují nižší podíl podniků s vysokou nebo velmi vysokou digitální vyspělostí.

Analýza dále pokračovala výpočtem digitální vyspělosti podniků ve zkoumaném vzorku. Většina podniků spadá do kategorie s vysokým indexem digitální vyspělosti, a to konkrétně 50 podniků. Kategorie s nízkým indexem digitální vyspělosti zahrnuje 34 podniků, zatímco velmi vysoký index digitální vyspělosti dosahuje 17 podniků. Podniky s nejvyšší úrovní digitální vyspělosti jsou převážně malé a střední podniky a velké podniky, kde převládá výroba ostatních potravinářských výrobků. Tyto podniky jsou často akciovými společnostmi, součástí nadnárodních korporací, a jejich hlavní obchodní kanály zahrnují online platformy.

3.7 Dimenze: Produkt

Poslední zkoumanou dimenzí je produkt. Této dimenzi byly přímo alokovány dvě otázky, a to: „Do jaké míry je výroba robotizována?“ s extrémy výrobní procesy jsou zajišťovány převážně manuálně – výrobní procesy jsou zajišťovány převážně roboty (5) a dále otázka „Jaká je úroveň digitalizace procesů ve vašem podniku?“ s extrémy většina procesů není/je (5) digitalizována. Jedná se tak o druhou otázku věnující se přímo oblasti digitalizace, jedná se však o obecnější charakter a také se svým vymezením soustředí výhradně na interní procesy. Rozložení dat na první otázku zobrazuje graf č. 32.

Graf 32: Rozložení dat – robotizace výroby



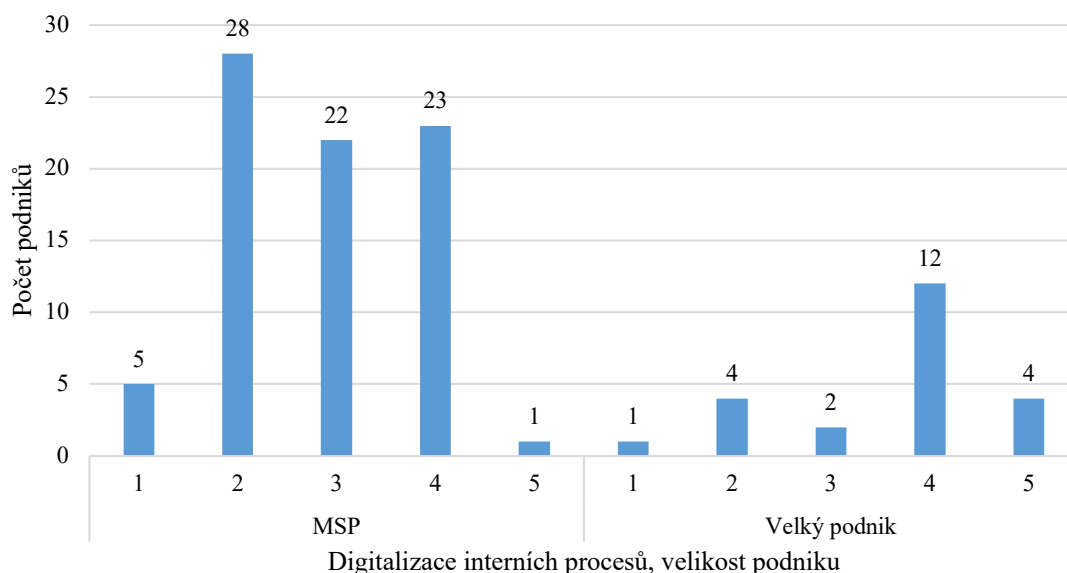
Zdroj: vlastní zpracování

Graf č. 32 prezentuje míru robotizace výroby v různých velikostech podniků. V případě malých a středních podniků je situace relativně rozmanitá. Největší počet MSP, tvořen přibližně 33 % podniků, uvádí úroveň robotizace na stupni 4. Dalších 30 % podniků se nachází na stupni 2 a 24 % je na stupni 3. Pouze jeden podnik z MSP se nachází na stupni 5. Lze konstatovat, že MSP vykazují širokou škálu úrovní robotizace, avšak většina podniků se pohybuje ve středních hodnotách robotizace.

U velkých podniků je patrná vyšší míra robotizace - 14 podniků se nachází na stupni 4. Pět podniků, tedy 21 %, vykazuje nejvyšší úroveň robotizace na stupni 5. Zajímavostí jsou tři podniky v kategorii velkých podniků, které vykazují relativně nízkou míru robotizace. Společným rysem těchto podniků je, že náleží do pododdílu Výroba pekařských, cukrářských a jiných moučných výrobků a také to, že všechny podniky mají

zahraniční odběratele, avšak podíl produkce, kterou vyváží je relativně nízký. Graf č. 33 zobrazuje rozložení dat pro druhou alokovanou otázku.

Graf 33: Rozložení dat – digitalizace interních procesů



Zdroj: vlastní zpracování

Graf prezentuje rozložení odpovědí na otázku „Jaká je úroveň digitalizace procesů ve vašem podniku?“ v závislosti na velikosti podniku. V případě malých a středních podniků (MSP) lze pozorovat, že největší počet podniků (28) uvádí relativně nízkou úroveň digitalizace. Mnoho podniků (22) však dosahuje také střední úrovně digitalizace, což může naznačovat určitý pokrok v implementaci digitálních nástrojů a významná skupina podniků se také nachází na úrovni 4, což indikuje, že digitalizace je v těchto podnicích již pokročilejší.

U velkých podniků vykazují odpovědi vyšší variabilitu nežli u MSP, přičemž nejvyšší počet podniků (12) vykazuje pokročilou úroveň digitalizace na úrovni 4. Celkem čtyři podniky dosáhly nejvyššího stupně digitalizace, což ukazuje, že některé velké podniky jsou v tomto ohledu již velmi vyspělé. Na druhé straně se několik podniků stále nachází na nižších úrovních digitalizace, což svědčí o tom, že přechod na digitální procesy není jednotný ani mezi velkými podniky. Rozložení dat je letným srovnáním velmi blízké předchozí analyzované otázce, i zde tedy nalezneme výjimky u velkých podniků a jedná se opět o již zmíněné velké podniky. Nalezneme zde však dva další, které již nenásledují předchozí společný rys, náleží do jiných pododdílů a jejich objem exportované produkce je relativně vyšší.

Velmi podobné rozložení dat na obě otázky nabízí ověření závislosti obou proměnných. V tabulce č. 20 je uveden výpočet Spearmanovy korelace.

Tabulka 20: Výpočet Spearman – míra robotizace/digitalizace interních procesů

Spearman	H ₀ : Míra robotizace výroby a digitalizace interních procesů jsou nezávislé veličiny.		
	H ₁ : Non H ₀		
	ρ	p-value	H ₀
Robotizace, digitalizace	0,812	<0,001	zamítnuta

Zdroj: vlastní zpracování

Výsledky Spearmanova korelačního testu ukazují, že na základě dostupných dat a zvolené hladině, existuje významný vztah mezi mírou robotizace výroby a digitalizací interních procesů v podnicích. Korelační koeficient $\rho=0,812$ naznačuje velmi silnou pozitivní korelaci mezi těmito dvěma proměnnými, to znamená, že podniky, které mají vyšší míru digitalizace svých interních procesů, mají také tendenci mít vyšší míru robotizace výroby. Hodnota p-value je menší než 0,001, což je statisticky významné, a proto můžeme zamítnout nulovou hypotézu, že míra robotizace výroby a digitalizace interních procesů jsou nezávislé veličiny.

Vrchota a Pech (2019) ve svém příspěvku charakterizují tři úrovně připravenosti podniků na implementaci Průmyslu 4.0. V pořadí druhá prezentovaná úroveň je svým obsahem velmi blízká otázce robotizace výroby, neboť obsahuje oblasti jako jsou: M2M, využívání robotů a robotických paží nebo mobilní terminály. Lze tedy předpokládat, že robotizace výroby je neodmyslitelně spjata s implementací celé koncepce.

Tabulka 21: Výpočet MWU – implementace/míra robotizace

MWU	H ₀ : Neexistuje rozdíl v míře robotizace výroby a vůli podniků implementovat Průmysl 4.0			
	H ₁ : Existuje rozdíl v míře robotizace výroby a vůli podniků implementovat Průmysl 4.0.			
	U	Z	p-value	H ₀
Robotizace výroby	289	-6,267	<0,001	zamítnuta

Zdroj: vlastní zpracování

Výsledky Mann-Whitneyho U testu ukazují, že na základě dostupných dat a zvolené hladině významnosti existuje statisticky významný rozdíl v míře robotizace výroby mezi podniky, které chtějí implementovat Průmysl 4.0, a těmi, které nechtějí. Hodnota p-value vede k zamítnutí nulové hypotézy ve prospěch alternativní. To znamená, že míra robotizace se různí v závislosti na vůli podniků implementovat Průmysl 4.0.

Následné porovnání mediálních hodnot vede k závěru, že podniky, které uvažují o implementaci Průmyslu 4.0 vykazují vyšší míru robotizace.

Iqbal a kol. (2017) uvádí, že robotizace výroby podniků potravinářského průmyslu patří k odvětvím s největším potenciálem robotizace. Bader a Rahimifard (2018), pak analyzují situaci potravinářských podniků ve Spojeném království ve vztahu k odlivu zaměstnanců potravinářského průmyslu spojených s Brexitem či roli zákazníku z pohledu demografických změn a zdůrazňují tak potřebu robotizované a automatizované dopravy. Mason a kol. (2023) doplňují oblast lidských zdrojů příspěvkem zacíleným na maso zpracující část potravinářského průmyslu a upozorňuje na to, že malí zpracovatelé spoléhají ve velkém na lidskou pracovní sílu, avšak velké podniky disponující pokročilou automatizací, stále potřebují velké množství zaměstnanců. Dále upozorňuje na to, že na obsluhu nových zařízení je třeba další vzdělání a kompetence nad rámec dosavadních.

Výše uvedené příspěvky jsou teoretickým východiskem pro následující statistické testování v tabulce č. 22:

Tabulka 22: Výpočet Superman – robotizace výroby/znalosti a dovednosti

Spearman	H ₀ : Míra robotizace výroby, digitalizace interních procesů a žádoucí znalosti a dovednosti jsou nezávislé veličiny.		
	H ₁ : Non H ₀		
	ρ, p-value	Do jaké míry je výroba robotizována?	Jaká je úroveň digitalizace procesů ve vašem podniku?
Znalost IT	ρ	0,160	0,251
	p-value	0,108	0,011
Analytické myšlení	ρ	-0,071	0,104
	p-value	0,478	0,299
Měkké dovednosti	ρ	-0,027	0,014
	p-value	0,786	0,888
Další odborné znalosti	ρ	-0,077	0,025
	p-value	0,444	0,806
Jiné	ρ	0,021	0,036
	p-value	0,833	0,721

Zdroj: vlastní zpracování

Výsledky Spearmanovy korelace ukazují, že na základě dostupných dat a zvolené hladině významnosti, existuje statisticky významná pozitivní korelace mezi úrovní digitalizace interních procesů a znalostmi IT ($\rho = 0,251$, $p = 0,011$), to naznačuje, že firmy s vyšší úrovní digitalizace kladou větší důraz na IT znalosti u svých zaměstnanců, korelaci však označujeme za slabou. Naopak míra robotizace výroby nevykazuje významnou korelaci s žádnou ze zkoumaných dovedností a znalostí, podobně jako zbytek proměnných ve vztahu k robotizaci výroby. Hodnoty pro vzájemnou korelaci dvou otázek

této dimenze nejsou uvedeny, neboť nejsou cílem analýzy a byly již analyzovány v předešlé části práce.

3.7.1 Shrnutí kapitoly

V rámci dimenze „Produkt“ byly zkoumány dvě hlavní otázky zaměřené na míru robotizace výroby a úroveň digitalizace interních procesů v podnicích. První otázka se soustředila na to, do jaké míry jsou výrobní procesy v podnicích robotizovány. U malých a středních podniků je situace rozmanitá – zatímco některé podniky již vykazují pokročilejší úroveň robotizace, většina zůstává „na půl cesty“. Naopak u velkých podniků je patrná vyšší míra robotizace, přičemž většina z nich dosahuje vysokých hodnot.

Druhá otázka se zaměřila na úroveň digitalizace interních procesů, jedná se o klíčový aspekt pro efektivní fungování moderních podniků. MSP ukazují pokrok v digitalizaci, avšak stále existují výrazné rozdíly mezi jednotlivými podniky v této kategorii.

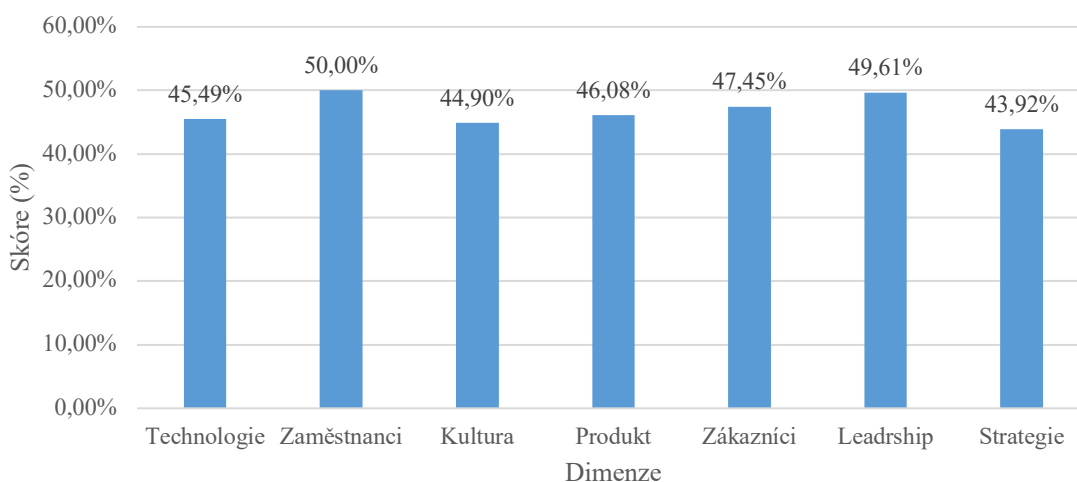
Analýza dat odhalila silnou pozitivní korelaci mezi mírou robotizace a digitalizací interních procesů, naznačující, že podniky s vyšší úrovní digitalizace mají tendenci také více robotizovat své výrobní procesy. Tento vztah podtrhuje důležitost synchronizace obou aspektů při přechodu na moderní výrobní technologie a Průmyslu 4.0.

Výsledky také ukázaly, že podniky, které mají v plánu implementovat Průmysl 4.0, vykazují vyšší míru robotizace, to opět potvrzuje, že technická připravenost je klíčovým faktorem při rozhodování o zavádění nových průmyslových technologií. Naopak míra robotizace výroby nepoukázala na významnou korelaci s žádnou ze zkoumaných dovedností a znalostí, podobně jako zbytek proměnných ve vztahu k robotizaci výroby. Větší podniky jsou tak v tomto ohledu lépe připraveny a vykazují vyšší úroveň technologické vyspělosti.

3.8 Index připravenosti

Přehled literatury zdůrazňuje, že hodnocení připravenosti podniku na implementaci Průmyslu 4.0 zahrnuje zvážení více kritérií nebo faktorů a nastiňuje také dimenze, prostřednictvím kterých lze hodnotit připravenost podniků na Průmysl 4.0. Rozložení dat na souhrnnou otázku připravenosti v jednotlivých dimenzích zobrazuje graf č. 34.

Graf 34: Rozložení dat – hodnocení dimenzí



Zdroj: vlastní zpracování

Graf č. 34 zobrazuje dosažené skóre podniků v jednotlivých dimenzích Průmyslu 4.0 vyjádřené v procentech. Nejvyššího skóre (50,00 %) dosáhly podniky v dimenzi "Zaměstnanci," to naznačuje nejvyšší úroveň připravenosti v této oblasti. Následuje dimenze "Leadership" s hodnotou 49,61 %, která rovněž vykazuje relativně vysokou míru připravenosti. Dimenze "Zákazníci" se skóre 47,45 %. Dimenze "Produkt" dosáhla 46,08 %, což naznačuje mírně nadprůměrnou připravenost v této oblasti. Dimenze "Technologie" má skóre 45,49 %, tedy mírně pod průměrem. Dimenze "Kultura" dosáhla 44,90 %, a nejnižšího skóre (43,92 %) dosáhla dimenze "Strategie".

Analýza indexu připravenosti pokračuje výpočtem Personovy korelační matice zobrazené v tabulce č. 23.

Tabulka 23: Korelační matice – dimenze

	Strategie	Leadership	Zákazníci	Produkt	Kultura	Zaměstnanci	Technologie
Strategie	1						
Leadership	0,684	1					
Zákazníci	0,600	0,590	1				
Produkt	0,649	0,583	0,567	1			
Kultura	0,676	0,576	0,640	0,637	1		
Zaměstnanci	0,615	0,618	0,503	0,535	0,592	1	
Technologie	0,658	0,541	0,482	0,611	0,586	0,501	1

Zdroj: vlastní zpracování

Na základě dostupných dat a zvolené hladině významnosti $\alpha=0,05$ se podařilo zamítnout nulovou hypotézu o nezávislosti proměnných. Hodnoty korelačních koeficientů se pohybují od 0,482 – 0,684, hovoříme tak o středně silné až silné korelaci. Vzhledem k uvedeným výsledkům je logickým krokem, pokusit se vyjádřit uvedené dimenze jedním společným faktorem.

Ve snaze provést analýzu, bylo nutné provést kontrolu dat s pomocí KMO a Bartlettova testu. Na základě Bartlettova testu se na zvolené hladině významnosti $\alpha=0,05$ podařilo zamítnout nulovou hypotézu, která tvrdí, že korelační koeficienty mezi jednotlivými proměnnými jsou nulové (hodnota $p = <0,001$). V případě Kaiser-Meyer-Olkinovy míry adekvátnosti výběru byla výsledná hodnota 0,920, jedná se tak o velmi dobrou přijatelnost dat pro další analýzu.

V tabulce č. 24 jsou zobrazeny výsledné komponenty, a především informace o tom, jakou část celkového rozptylu dat vysvětlují. Pro extrakci je doporučena jedna komponenta s ohledem na Kaiserovo kritérium, které doporučuje extrahovat komponenty s vlastní hodnotou větší než jedna.

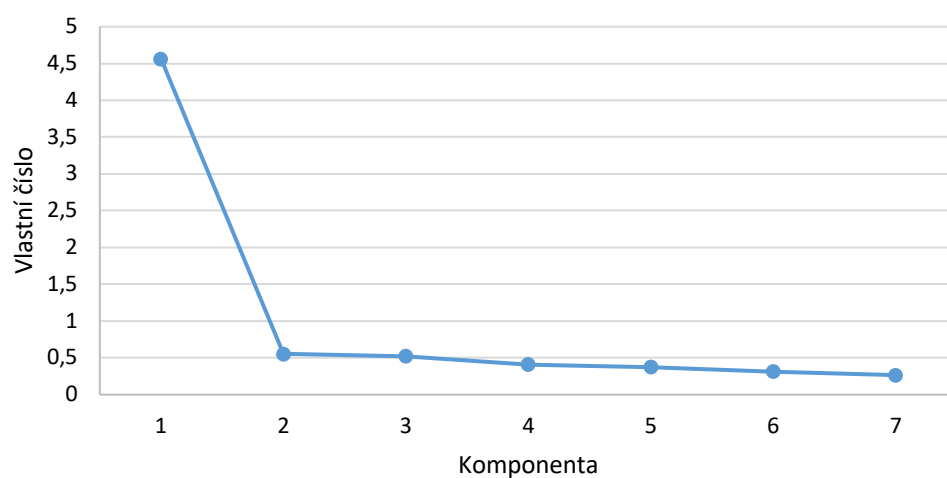
Tabulka 24: Výpočet PCA – dimenze

Komponenta	Vlastní čísla			Suma čtverců zátěží po extrakci		
	Suma	Rozptyl (%)	Kumulace (%)	Suma	Rozptyl (%)	Kumulace (%)
1	4.563	65.191	65.191	4.563	65.191	65.191
2	.553	7.901	73.092			
3	.521	7.441	80.533			
4	.410	5.861	86.394			
5	.373	5.326	91.719			
6	.314	4.486	96.205			
7	.266	3.795	100.000			

Zdroj: vlastní zpracování

V grafu č. 35 jsou data zobrazena v podobě sutinového grafu, který podporuje volbu jedné komponenty, jak bylo zmíněno v předchozím odstavci.

Graf 35: Sutinový graf



Zdroj: vlastní zpracování

Žádoucím výstupem pro další analýzu jsou výpočty komponentních zátěží pro jednotlivé dimenze. Výsledky zobrazuje tabulka č. 25.

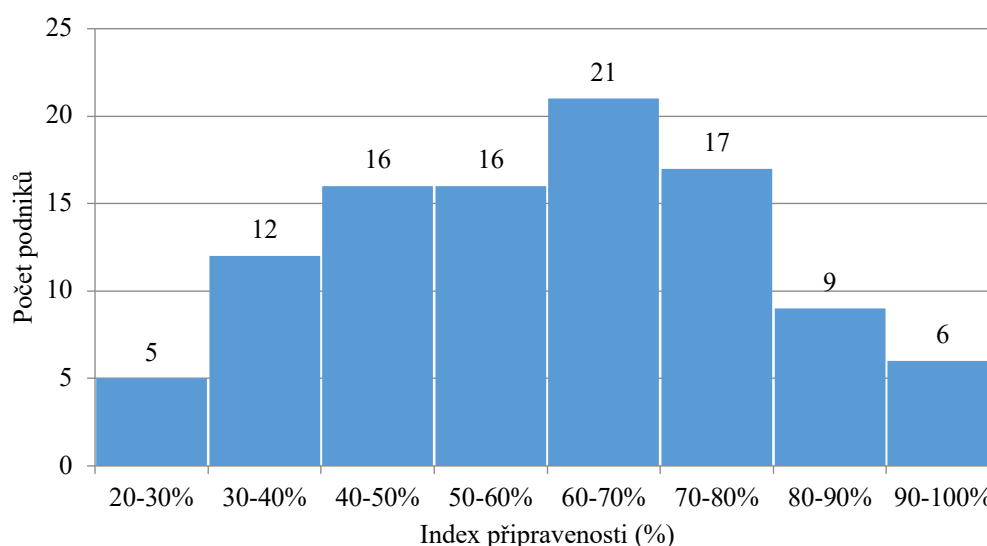
Tabulka 25: Výpočet PCA – komponentní zátěže

Strategie	.869
Leadership	.814
Zákazníci	.774
Produkt	.812
Kultura	.836
Zaměstnanci	.770
Technologie	.774

Zdroj: vlastní zpracování

Na základě získaných dat byla data každého podniku přepočtena pro tuto dimenzi, která vyjadřuje určitý index připravenosti potravinářských podniků na inovace se zohledněním všech sedmi složek.

Graf 36: Index připravenosti



Zdroj: vlastní zpracování

Jak je patrné z grafu č. 36 žádný podnik nespadá do pásma 0-20 %, což lze z pohledu potravinářských podniků a připravenosti na implementaci vnímat pozitivně. V pásmech od 40–80 % pozorujeme nejvyšší koncentraci podniků, znovu pozitivně lze pak vnímat 33 podniků resp., 69 podniků, které se nachází nad hranicí 50 %. Zaměříme-li se na oba extrémy, tedy pásma 20-30 % a také 90-100 %, pak nalezneme jednoznačný rys pro 5 podniků mezi 20-30 % připravenosti, a to že se jedná ve většině o malé podniky s méně než 20 zaměstnanci, a také střední podniky náležící převážně do kategorie výroby pekařských, cukrářských a jiných moučných výrobků. Všechny tyto podniky se shodují, že pro splnění požadavků technické připravenosti je nutná radikální změna a v kontextu toho pak hodnotí jako nejvýraznější překážky implementace IT infrastruktura a také neopodstatnění. Jako důvod možné implementace uvádějí nejčastěji úsporu nákladů.

Na opačné straně nalezneme celkem 6 podniků v rozmezí 90–100 % indexu připravenosti. Společný rysem je opět velikost podniků, neboť se jedná ve všech případech o velké podniky. Většina podniků spadá do kategorie výroba ostatních potravinářských výrobků s jednou výjimkou v podobě podniku působícího v oblasti průmyslových krmiv. Jak již jedna z předešlých analýz naznačila, nalezneme zde podniky, jejichž převažujícími obchodními kanály jsou online platformy.

Ohodnocení podniky vlastní připravenosti dle jednotlivých dimenzí přináší výsledky v podobě indexu připravenosti, nicméně dotazník je sestaven tak, aby umožnil vyhodnocení každé dimenze zvlášť a zároveň poskytl ucelený obraz. S cílem vytvořit

index na základě otázek, které byly přímo alokované dané dimenzi, byla z každé dimenze vybrána jedna, tak, aby byly otázky stejného typu a data byla homogenní. Jena se tedy o otázky 7, 10, 11, 14, 16, 18, 20 uvedené v příloze. Druhý index je, shodně jako první, pro každý podnik vypočten jako součin komponentní zátěže a dosaženého skóre v dané dimenzi. Výsledné skóre pro každý podnik je součtem výsledků v každé dimenzi, následně jsou data upravena do procentuálního vyjádření.

Opět byl proveden výpočet Personovy korelační matice zobrazené v tabulce č. 26.

Tabulka 26: Korelační matice – dimenze (II.)

	I: Produkt	I: Zákazníci	I: Leadership	I: Technologie	I: Strategie	I: Zaměstnanci	I: Kultura
I: Produkt	1						
I: Zákazníci	0,584	1					
I: Leadership	0,588	0,644	1				
I: Technologie	0,583	0,472	0,528	1			
I: Strategie	0,520	0,647	0,474	0,373	1		
I: Zaměstnanci	0,367	0,482	0,534	0,399	0,364	1	
I: Kultura	0,696	0,667	0,578	0,546	0,622	0,457	1

Zdroj: vlastní zpracování

Korelační koeficienty se pohybují na úrovni střední až středně silné korelace. Dále je nutné provést kontrolu dat s pomocí KMO a Bartlettova testu. Na základě Bartlettova testu se na zvolené hladině významnosti $\alpha=0,05$ podařilo zamítnout nulovou hypotézu, která tvrdí, že korelační koeficienty mezi jednotlivými proměnnými jsou nulové (hodnota $p = <0,001$). V případě Kaiser-Meyer-Olkinovy míry adekvátnosti výběru byla výsledná hodnota 0,889, jedná se tak o velmi dobrou přijatelnost dat.

V tabulce č. 27 jsou zobrazeny výsledné komponenty, a především informace o tom, jakou část celkového rozptylu dat vysvětlují. Pro extrakci je doporučena opět jedna komponenta s ohledem na Kaiserovo kritérium, přičemž rozptyl vysvětlovaných dat je nižší než v případě předešlé analýzy.

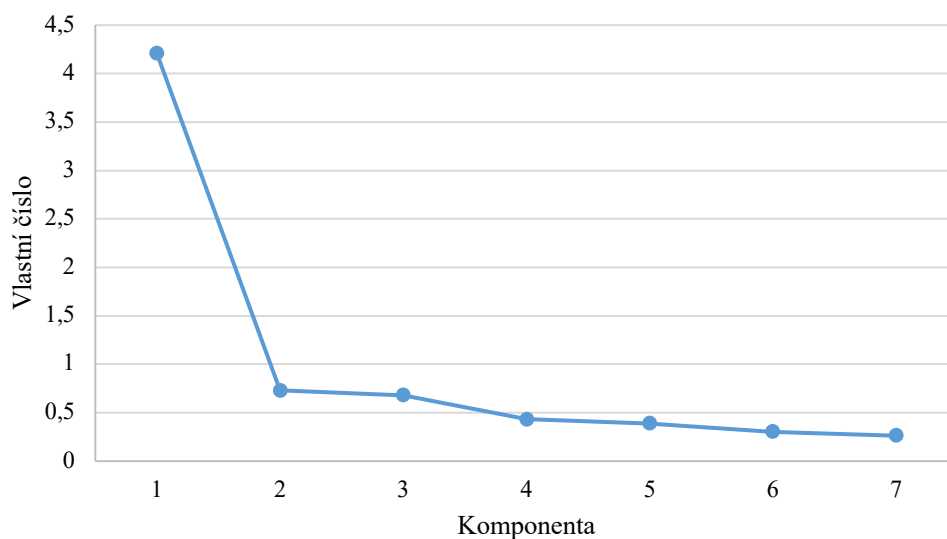
Tabulka 27: Výpočet PCA – dimenze (II.)

Komponenta	Vlastní čísla			Suma čtverců zátěží po extrakci		
	Suma	Rozptyl (%)	Kumulace (%)	Suma	Rozptyl (%)	Kumulace (%)
1	4.208	60.110	60.110	4.208	60.110	60.110
2	.730	10.423	70.553			
3	.679	9.706	80.239			
4	.431	6.155	86.394			
5	.389	5.553	91.946			
6	.302	4.309	96.255			
7	.262	3.745	100.000			

Zdroj: vlastní zpracování

Graf č. 37 pak zobrazuje sutinový graf podporující volbu jedno komponentního řešení.

Graf 37: Sutinový graf



Zdroj: vlastní zpracování

Posledním nutným výpočtem před výpočtem samotného indexu jsou komponentní zátěže pro každou z dimenzí, které zobrazuje tabulka č. 28.

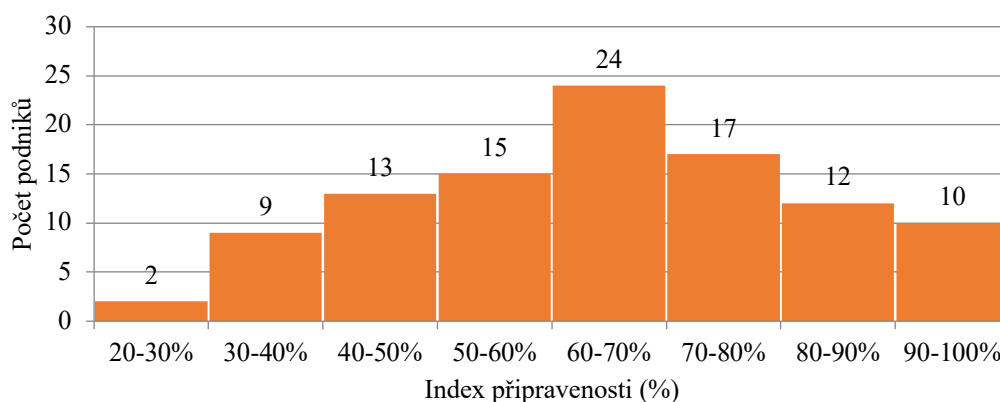
Tabulka 28: Výpočet PCA – komponentní zátěže (II.)

I: Produkt	.809
I: Zákazníci	.838
I: Leadership	.805
I: Technologie	.714
I: Strategie	.741
I: Zaměstnanci	.647
I: Kultura	.852

Zdroj: vlastní zpracování

Na základě získaných dat byla data každého podniku přepočtena pro tuto dimenzi, která vyjadřuje určitý index připravenosti potravinářských podniků na inovace se zohledněním všech sedmi složek.

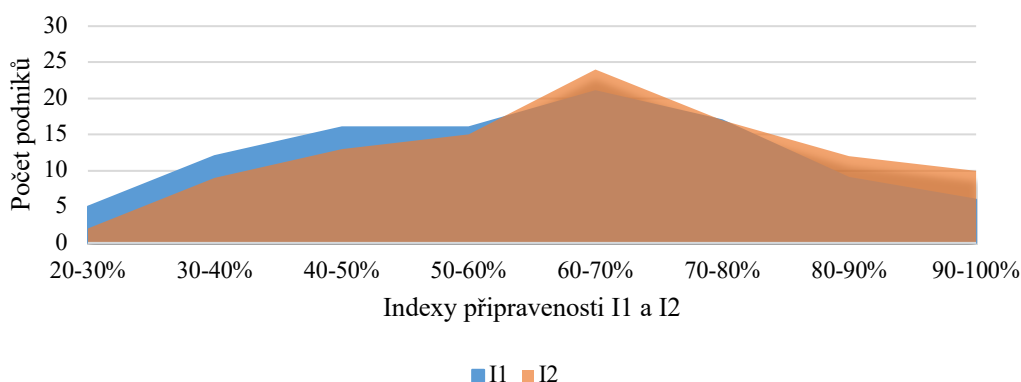
Graf 38: Index připravenosti (II)



Zdroj: vlastní zpracování

Graf č. 38 představuje index připravenosti na základě vyhodnocení 7 otázek dotazníku, přičemž každá z nich náleží do jedné z dimenzí. Na první pohled je zřejmé, že tento index připravenosti je odlišný především v rozložení podniků mezi pásmy 40–80 %, kdy je zastoupení podniků méně homogenní než v případě prvního indexu. Rozdíly také nalezneme v obou extrémech a je třeba zdůraznit, že se opět žádný podnik nenachází na úrovni připravenosti 0-20 %. V pásmu 20-30 % nalezneme nyní pouze dva podniky namísto pěti. Jedná se o jeden malý podnik – shodně s prvním indexem a také jeden MSP s relativně nízkým počtem zaměstnanců, oba náleží do kategorie výroba pekařských, cukrářských a jiných moučných výrobků. Na druhé straně, v pásmu 90-100 %, nalezneme deset podniků, tedy o čtyři více než v případě prvního indexu připravenosti. Jedná se o tři MSP a jeden velký podnik. Podniky sdílejí společné rysy s prvním indexem a na úrovni popisné statistiky lze konstatovat, že podtrhávají komentář u prvního indexu, avšak rozšiřují zastoupené pododdíly na konečných 5. Graf č. 39 zobrazuje srovnání obou indexů a podtrhuje tak výše uvedené.

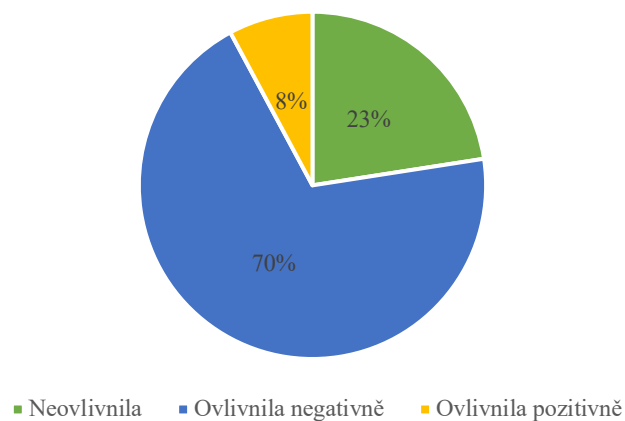
Graf 39: Srovnání indexů I1 a I2



Zdroj: vlastní zpracování

Závěr kapitoly nabízí pohled na výsledky poslední otázky, která doposud nebyla analyzována a to „Jak ovlivnila váš podnik pandemie související s nákazou COVID-19?“. Jedná se o otevřenou otázku, proto byly odpovědi kódovány do 3 kategorií/možných odpovědí: neovlivnila, ovlivnila pozitivně a ovlivnila negativně. Výsledky zobrazuje graf č. 40.

Graf 40: Pandemie, kódování



Zdroj: vlastní zpracování

Graf č. 40 zobrazuje rozložení odpovědí na otázku, jak pandemie COVID-19 ovlivnila podniky potravinářského průmyslu. Z grafu vyplývá, že pandemie měla převážně negativní dopad na většinu respondentů, to potvrzuje skutečnost, že 70 % podniků uvedlo negativní vliv. Naopak 23 % podniků uvedlo, že pandemie jejich činnost nijak neovlivnila. Pouze 8 % podniků zaznamenalo pozitivní dopad pandemie na jejich podnikání.

3.8.1 Shrnutí kapitoly

V kapitole zaměřené na indexy připravenosti byly analyzovány výsledky jednotlivých dimenzí týkajících se připravenosti podniků na implementaci Průmyslu 4.0. Z výsledků vyplývá, že nejvyššího skóre dosáhly podniky v dimenzi „Zaměstnanci“ s hodnotou 50 %, což naznačuje, že tato oblast je relativně nejlépe připravena na výzvy spojené s Průmyslem 4.0. Dalšími dimenzemi s vysokou připraveností jsou „Leadership“ (49,61 %) a „Zákazníci“ (47,45 %). Naopak nejnižší skóre bylo zaznamenáno v dimenzi „Strategie“ (43,92 %), to poukazuje na potřebu většího důrazu na strategické plánování v kontextu implementace nových technologií.

Následná korelační analýza ukázala středně silné až silné pozitivní vztahy mezi jednotlivými dimenzemi, přičemž nejsilnější korelace byla zjištěna mezi dimenzemi

„Strategie“ a „Leadership“ ($r = 0,684$). Pro další analýzu byla data z jednotlivých dimenzí sloučena do jednoho společného faktoru, který vyjadřuje celkový index připravenosti podniků na implementaci Průmyslu 4.0. Tento index ukazuje, že většina podniků se nachází u obou analyzovaných indexů připravenosti v rozmezí 40–80 % připravenosti, přičemž žádný podnik nespadá do pásma 0–20 %. Na opačném konci spektra, tedy v pásmu 90–100 %, se nachází šest resp., deset podniků, svědčící o jejich vysoké připravenosti na přijetí a implementaci čtvrté průmyslové revoluce. Tyto podniky se vyznačují větší velikostí a často jsou součástí nadnárodních společností.

Z analýzy rovněž vyplynulo, že podniky s nižší připraveností, tedy v rozmezí 20–30 %, jsou převážně malé podniky s nízkým počtem zaměstnanců, nebo střední podniky působící v oblasti výroby pekařských, cukrářských a jiných moučných výrobků. Tyto podniky často uvedly, že pro dosažení požadované technické připravenosti bude nutná radikální změna.

Závěrečná část kapitoly se zaměřuje na hodnocení dopadů pandemie COVID-19 na potravinářské podniky. Z výsledků vyplývá, že většina podniků (70 %) zaznamenala negativní vliv pandemie na své podnikání, zatímco 23 % podniků uvedlo, že pandemie neměla na jejich činnost žádný dopad. Pouze 8 % podniků hlásilo pozitivní vliv pandemie, což může být spojeno s nárůstem poptávky po určitých potravinářských produktech během krizového období.

Tato kapitola nabízí ucelený pohled na připravenost podniků na implementaci Průmyslu 4.0, a to v podobě dvou indexů – z pohledu respondentů a indexu vytvořeného na základě náležitých otázek dotazníkového šetření. Zároveň zdůrazňuje rozdíly v připravenosti mezi různými dimenzemi a velikostmi podniků.

4 Diskuse

Získané výsledky výzkumu poskytují ucelený a podrobný pohled na připravenost českých potravinářských podniků na implementaci Průmyslu 4.0. Výzkum odhalil, že připravenost českých potravinářských podniků na Průmysl 4.0 se liší nejen podle velikosti podniku, ale také podle úrovně digitalizace, robotizace a dalších klíčových faktorů podobně jak uvádějí Sony a Naik (2020). Výsledky ukazují, jak významnou roli hraje velikost podniku v procesu technologické transformace, ale také poukazují na to, že samotná velikost není jediným rozhodujícím faktorem. Črešnar a kol. (2023) potvrzují, že velikost podniku není jediným rozhodujícím faktorem a zároveň doplňují, že úroveň informačních technologií je onou hybnou silou pod záštitou velikosti podniku, dále podpořeno příspěvky od Wang a kol. (2019); Farooq a kol. (2021).

Hledání vhodných determinantů inovačních aktivit podniků je klíčové nejen pro výzkumníky, ale především pro samotné podniky. Capitanio, Coppola a Pascucci (2010) hodnotí inovační aktivity potravinářských firem v Itálii, přičemž firmy se zaměřují více na inovaci procesů než produktů a ke stejným závěrům docházejí i Traill a Meulenberg (2002), kde strategická kultura saturuje daný index více než inovace související s produktem, podobně jako u prováděného výzkumu. Polské potravinářské společnosti naopak tento trend nenásledují (Krzysztof a kol. 2017). Fortuin a Omta (2009) zdůrazňují roli zákazníků jako možných hybatelů inovačních aktivit, kterým podniky nevěnují dostatečnou pozornost.

Jedním z nejvýznamnějších zjištění je role zaměstnanců a jejich dovedností v procesu přechodu na Průmysl 4.0. Z analýzy vyplynulo, že větší podniky jsou obecně lépe připravené na přechod na Průmysl 4.0, což je patrné zejména v dimenzích zaměřených na zaměstnance a jejich digitální dovednosti. Z výsledků výzkumu je zřejmé, že znalosti a dovednosti zaměstnanců v oblasti IT a digitalizace jsou klíčové pro úspěch při implementaci nových technologií, což dokládá i Kowal a kol. (2022), kteří zkoumali kompetence pro Průmysl 4.0., přičemž mezi hlavní kompetence řadí obsluhu IT systémů, analýza a modelování dat či znalost procesů. Výsledky digitálních znalostní, nutné ve všech úrovních zaměstnanců, doplňuje případová studie B. Výsledky analýzy kompetencí mezi potravinářskými podniky staví do popředí taktéž znalosti IT, analytické myšlení nebo odborné znalosti a dovednosti, směřující převážně do skupiny technických kompetencí. Řada výzkumů, Grzybowska a Anna (2017); Moura a kol. (2022); Kowal a kol. (2022) však upozorňuje na to, že kompetence zaměstnanců by stále měly být interdisciplinární.

V podmínkách Průmyslu 4.0 je proto nutné se zaměřit na vzdělávání interdisciplinárních odborníků, zejména s ohledem na tempo technologického rozvoje. Je nutné neustále rozvíjet kompetence a vytvářet programy pro rozvoj inženýrského personálu, ale také na adaptaci na rychle se měnící pracovní prostředí. Výzkum také poukázal na nedostatek kvalifikovaných pracovníků, resp. potřebu pracovníku vybavenou žádoucími kompetencemi podobně jako například Türkeş a kol. (2019); Pozzi a kol. (2023). Nabízí se odpověď na výzkumnou otázku „Jaké bariéry představují nejčastější důvody k nerealizování Průmyslu 4.0?“ Za nejvýznamnější bariéry lze označit nedostatek finančních zdrojů, nízký stupeň digitalizace nebo nedostatečnou IT infrastrukturu. Ali a Aboelmaged (2022) dodává jako další důvody neochotu managementu a také neznalost přínosů pro podnik. Byrokracie a bezpečnostních hrozeb se spíše obávají MSP z kategorií výropa pekařských a cukrářských výrobků a také zpracovatelé masa. Nízký stupeň digitalizace a nedostatek finančních zdrojů je typický pro podniky blížící se počtem zaměstnanců k dolní hranici malých podniků. Zajímavostí je, že u bariéry „neopodstatnění“ a „nedostatečná IT infrastruktura“ nalezneme i velké podniky, znovu tak lze potvrdit závěry výzkumu Črešnar a kol. (2023).

Menší podniky často nemají dostatečné prostředky na investice do modernizace svých procesů, což je staví do nevýhodné pozice ve srovnání s většími podniky, které mají lepší přístup k financování a technologickým zdrojům. Chauhan a kol. (2021) na základě svého výzkumu uvádějí, že vnitřní bariéry jsou pro úspěšné přijetí Průmyslu 4.0 relevantnější, naopak Orzes a kol. (2018); Sayem a kol. (2022) potvrzují výsledky vlastního výzkumu. Nedostatek těchto zdrojů může vést k tomu, že menší podniky budou muset čelit narůstající konkurenci nejen na domácích, ale i na zahraničních trzích, s omezenou schopností rychle reagovat na změny.

Významným faktorem, který přispívá k úspěchu nebo neúspěchu při zavádění Průmyslu 4.0, je také kultura podniku. Výzkum ukázal, že podniky s vyšším podílem IT odborníků a větší podporou ze strany vedení vykazují vyšší míru připravenosti na Průmysl 4.0. Zhang a kol. (2021) uvádí, že bez silné podpory vedení čelí podniky významným překážkám při zavádění technologií Průmyslu 4.0. Tortorella a kol. (2021) pak doplňují, že v technologicky náročných odvětvích vyžaduje implementace Průmyslu 4.0 aktivní zapojení a angažovanost zaměstnanců. Nicméně, podniky, které postrádají potřebné kompetence a dovednosti, nevidí lidské zdroje jako hnací sílu tohoto procesu, ale spíše jako překážku při implementaci Průmyslu 4.0. To naznačuje, že úspěšná implementace

těchto technologií závisí na kvalitě lidských zdrojů a na jejich připravenosti přizpůsobit se novým technologiím a procesům.

Další dimenzí, která se ukázala jako klíčová, je technologie a její integrace do podnikových procesů. Z výsledků výzkumu je patrné, že podniky s vyšší mírou robotizace a digitalizace jsou lépe připraveny na implementaci Průmyslu 4.0. Případová studie A zdůrazňuje stav připravenosti velkých podniků včetně plánovaných kroků k postupné integraci AI. Tyto výsledky jsou podpořeny výzkumem od Hassoun a kol. (2023) ve kterém popisují implementace IoT a zdůrazňuje problematiku zastaralé infrastruktury. Tento vztah byl potvrzen korelační analýzou, která ukázala silnou pozitivní korelaci mezi těmito dvěma faktory. To znamená, že podniky, které investují do robotizace svých výrobních procesů, mají také tendenci více investovat do digitalizace, což dále zvyšuje jejich připravenost na budoucí výzvy spojené s Průmyslem 4.0. Robotizace a digitalizace tak nejsou jen nástroji pro zvyšování efektivity, ale také klíčovými faktory pro udržení konkurenceschopnosti v dlouhodobém horizontu, což dokládají Knudsen a kol. (2021), kteří uvádí, že narůstající digitalizací se datové síťové firmy obklopují rostoucím počtem trhů. Iqbal a kol. (2017) však uvádí, že naléhavým požadavkem je integrovat různé druhy technologických oblastí za účelem realizace konkurenceschopných a řešení.

Odpověď na výzkumnou otázku „Jaká je úroveň technologií? Jaké jsou nároky na management?“ částečně poskytují dva výše uvedené odstavce, lze ji však rozšířit o následující: MSP se více přiklání k tvrzení, že pro přijetí Průmyslu 4.0 je nutná radikální změna. Naopak velké podniky se více přiklání k tvrzení že stroje i systémy splňují budoucí požadavky. Z pohledu kategorií CZ-NACE je nejvyšší technologické připravenosti dosahováno v kategoriích Zpracování a konzervování ovoce a zeleniny a Výroba mléčných výrobků. Z pohledu využívání cloudových řešení využívá 70 % MSP a 91 % velkých podniků. Podle dat ČSÚ (2024) dosahuje odvětví ICT hodnoty 79,1 % - využívání cloudu podniků ve vzorku, tak lze v porovnání s technologicky náročným odvětvím vnímat pozitivně. Nároky na management lze spatřovat v úrovni digitálních kompetencí manažerů. Management by měl být otevřený inovacím, a to zejména u MSP, kde se méně než 50 % manažerů neuznává hodnotu investic do modernizace podniku, či je neutrální. Výzkum ČSÚ (2024) také uvádí, že 50 % podniků potravinářského průmyslu necítilo v období 2020-2022 potřebu inovovat. Analýza dále ukazuje že 73 % podniků ze vzorku nemá stanoveny KPI v oblasti I4. Braglia a kol. (2022); Liebrecht a kol. (2021); Nara a kol. (2021) diskutují KPI ve vztahu k implementaci Průmyslu 4.0 a docházejí

například k závěrům, že bylo učiněno jen velmi málo úsilí k vytvoření užitečných ukazatelů schopných monitorovat implementaci technologií Průmyslu 4.0

Nagy a kol. (2020) uvádí, že automatizace je možná pouze u části produktového portfolia, avšak tyto produkty výrazně zvyšují vyráběné množství. Některé podniky, zejména ty menší, stále nedosahují plného potenciálu, který tyto technologie nabízejí, což je částečně způsobeno nedostatkem odborných znalostí a dovedností mezi zaměstnanci, ale také nedostatečnou podporou ze strany vedení podniku. Kuba a kol. (2019) ve svém výzkumu prokazují významný vztah mezi věkem zaměstnanců a informovaností o Průmyslu 4.0 a upozorňují, že technologický vývoj útočí na mysl zaměstnanců a objevují se obavy ze ztráty zaměstnání. Mohelska a Sokolova (2018) doplňují, že nevěnováním se manažerským přístupům a kultuře podniku může vyústit v neúspěšnou implementaci a podtrhují význam podnikové kultury. To poukazuje na potřebu cílené podpory a školení, která by pomohla těmto podnikům plně využít potenciál Průmyslu 4.0, jak uvádí i Gualtieri a kol. (2018); Gudanowska a kol. (2018); Sony a Mekoth (2022). Spasojevic a kol. (2020) ve výzkumu, kterého se zúčastnilo 119 podniků zpracovatelského průmyslu uvádí, že zvyšování technologické úrovně si vynucuje zaměstnávání proaktivních lidí s měkkou kulturou, to znamená neformální a komunitní atmosférou. Vlastní výzkum poukázal na to, že zaměstnavatelé vyhledávají více technicky zaměřené zaměstnance, tyto dva závěry však nejsou nutně protichůdné, jak uvádí Veile a kol. (2019); Tortorella a kol. (2024)

Z pohledu připravenosti na Průmysl 4.0 je však nutné zdůraznit, že i mezi podniky, které jsou dobře vybavené technologií, existují rozdíly v míře využití těchto technologií. Nagy a kol. (2020) svým kvalitativním výzkumem potvrzuje, že využívání technologií se liší – například výrobce těstovin uvedl, že částečnou automatizací disponoval již dlouhou dobu, ale až při úplném propojení technologií je efektivní. Ve vztahu k efektivitě lze odpovědět na další výzkumnou otázku „Jaké motivátory jsou nejčastější ve vztahu k implementaci Průmyslu 4.0?“ Nejčastěji uvedeným důvodem je úspora nákladů následovaná konkurenceschopností a vyšší přidanou hodnotou. Dále bylo statisticky prokázáno, že environmentální přínosy a vznik nových obchodních modelů jsou důvody, které spíše označují velké podniky. El Baz a kol. (2022) ve svém příspěvku nevztahují k principům udržitelnosti velikost podniků, zdůrazňují však klíčový faktor, kterým je efektivní zapojení vrcholového managementu do implementace. Dremptic a kol. (2020) dochází k závěrům, že velké podniky (měřené počtem zaměstnanců) zveřejňují výsledky v oblasti ESG spíše než ty malé, to může být způsobováno větším tlakem ze strany

zájmových skupin. Sandberg a kol. (2023) doplňují svým výzkumem závěr, že velké společnosti jsou více vystaveny reputačnímu riziku v kontextu ESG, nicméně dodávají, že jsou přítomny i další faktory nežli jen velikost podniku.

Významnou roli v tomto kontextu implementace hraje také podpora ze strany státu a dostupnost podpůrných programů, které by mohly usnadnit přechod na Průmysl 4.0 zejména pro menší podniky, jak také uvádí Kuo a kol. (2019); Rodrigues a kol. (2021). Yang (2021) ve své studii srovnává politiky jednotlivých států v oblasti subvencí podnikům, jako příklad uvádí: záruční fond pro malé a střední podniky na podporu za účelem poskytování bankovních záruk nebo daňové úlevy na vzdělávání v kontextu Průmyslu 4.0. Prodi a kol. (2022) však ve svém výzkumu zaměřeném na MSP uvádějí, že adopce Průmyslu 4.0 není výsledkem deterministického či připraveného návrhu, nýbrž adaptivního chování podniků. Veřejné politiky zaměřené na podporu inovací a technologického rozvoje mohou mít zásadní vliv na schopnost podniků adaptovat se na nové technologie a využít jejich potenciál. Výzkumy se dále shodují, že podniky, které využívají dostupné programy podpory, mohou snáze překonávat překážky spojené s financováním a implementací nových technologií, což jim umožňuje udržet krok s konkurencí a zlepšovat svou pozici na trhu.

Na základě všech těchto zjištění, byly vytvořeny dva indexy připravenosti podniků na Průmysl 4.0. První index se zaměřuje na hodnocení podniků podle jejich odpovědí na otázky vztahující se k jednotlivým dimenzím – tedy jak vnímají připravenost respondenti. Hodnocení podniků skrze dimenze uvádí řada výzkumů Ansari a kol. (2023); Hizam-Hanafiah a kol. (2020) avšak Antony a kol. (2023) uvádí, že aplikace univerzálních dimenzí, není vhodná skrze různá odvětví či velikosti podniků. Kapitola 3.8 poskytuje odpověď na výzkumnou otázku „Jaké jsou hlavní oblasti, ve kterých potravinářské podniky vykazují určitou připravenost ve vztahu k Průmyslu 4.0?“. Jedná se o otázku agregující velkou část výzkumné části, přesto lze konstatovat, že neexistuje oblast, ve které by podniky potravinářského průmyslu nevykazovali alespoň určitou míru připravenosti. Nejlépe hodnocenou dimenzí byla dimenze Zaměstnanci a také Leadership. Naopak nejhůře hodnocenými dimenzemi byla Strategie či Technologie.

Druhý index byl vytvořen s cílem poskytnout detailnější pohled na připravenost podniků na základě konkrétních otázek, které byly navrženy tak, aby reflektovaly klíčové oblasti Průmyslu 4.0. Tento index odhalil, že podniky, které dosahují vysokého skóre v

této metrice, mají nejen pokročilé technologie, ale také dobře definované strategie a vysokou úroveň digitalizace. Na rozdíl od prvního indexu, který poskytuje obecný přehled, druhý index nabízí detailnější analýzu připravenosti podniků na specifické aspekty Průmyslu 4.0. Vlastní výzkum nenachází zásadní, převratné rozdíly v obou indexech připravenosti. Naproti tomu Mittal a kol. (2018) ve svém výzkumu uvádí, že vnímání malých a středních podniků o stavu připravenosti je značně rozdílné na příkladu Wi-Fi připojení výrobních prostor před samotnou instalací bezdrátových senzorů. Pro samotné podniky se tak jeví jako náročné určit výchozí stav připravenosti.

Zatímco první index ukazuje širší rozptyl připravenosti podniků, druhý index zdůrazňuje, které podniky jsou skutečně na špičce a které zaostávají v konkrétních oblastech. Výsledky také naznačují, že i když může být podnik obecně dobře vybavený technologií a mít silnou strategii, může mu chybět hloubka v konkrétních oblastech, což může omezovat jeho schopnost plně využít potenciál Průmyslu 4.0. Tyto závěry potvrzují svým výzkumem Ghobakhloo a Ching, (2019) a dávají do popředí podporu vedení a připravenost lidských zdrojů. Čater a kol. (2021) ve výzkumu, kterého se zúčastnilo 124 podniků uvádějí, že motivy využívání technologií a další prvků Průmyslu 4.0 představují pouze nezbytný, ne však postačující faktor skutečného užívání a zdůrazňují přitom roli kompetencí zaměstnanců.

Dále bylo zjištěno, že podniky, které dosahují vysokých skóre v obou indexech, mají tendenci vykazovat silnou korelaci mezi mírou digitalizace, robotizace a úrovní znalostí a dovedností zaměstnanců. Tento vztah symbiózy potvrzují i další výzkumy jako například Szabó-Szentgróti a kol. (2021); Souza a kol. (2023).

V souvislosti s rozdíly mezi malými, středními podniky a velkými podniky se ukázalo, že zatímco velké podniky obecně vykazují vyšší míru připravenosti, existují i výjimky. Některé malé a střední podniky, zejména ty, které mají silné vedení a jasně definované strategie, dokázaly dosáhnout vysoké úrovně připravenosti a konkurovat velkým podnikům. Lassnig a kol. (2022) ve svém výzkumu zaměřeném na MSP a velké podniky dochází k závěrům, že oblasti jako je strategie či řízení procesů jsou srovnatelné v dobře zavedených MSP i velkých podnicích. Pozitivní vztah mezi velikostí podniku a připraveností uvádí ve svém výzkumu také Acostou a kol. (2016), Soto-Acosta a kol. (2018), stejně jako Traill a Meulenberg (2002). Naopak vztah mezi velikostí podniku a schopností podniků implementovat vyvrací Priyono a kol. (2020) a také Lin a kol. (2018),

kteří svým výzkumem prokazují, že velikost podniku nezvyšuje úspěšnost využívání nových technologií.

Dalším faktorem, který se ukázal jako klíčový, je vedení a jeho postoj k inovacím. Z výsledků vyplývá, že podniky, jejichž vedení je proaktivní a ochotné investovat do inovací, dosahují lepších výsledků v připravenosti na Průmysl 4.0. Hamada (2019) svým výzkumem, kterého se zúčastnilo více než sto podniků, dochází k závěru, že management podniků díky nedostatečným znalostem a zkušenostem dochází k předsudkům, které vedou k zachování stávajícího stavu provozu a váháním se zaváděním nových technologií.

4.1 Budoucí vývoj

Kapitola č. 5 navrhuje implikace dalšího výzkumu, na základě dostupných zdrojů a také s ohledem na dílčí závěry práce lze však uvažovat o možném budoucím vývoji. Mezi autory rezonuje termín Industry 5.0. Průmysl 5.0 doplňuje stávající paradigma Průmyslu 4.0 tím, že výzkum a inovace řídí přechod k udržitelnému, na člověka zaměřenému a odolnému průmyslu (Industry 5.0 - European Commission, 2024). Průmysl 5.0 je dle Xu a kol. (2021) založen na individualizované spolupráce člověka a stroje, chytrých a recyklovatelných materiálech, technologiích pro energetickou účinnost či samotných obnovitelných zdrojích. Alexa a kol. (2022) doplňují, že Průmysl 5.0 se zaměřuje na udržitelnost namísto produktivity. Akundi a kol. (2022) uvádějí, že termín Průmysl 5.0 byl vytvořen pro řešení personalizované výroby a posílení postavení pracovníků ve výrobních procesech.

Jak uvedla kapitola 1.3.4, podle Shaji a kol. (2023) se každých několik desetiletí objeví inovace, která zcela změní svět. Tedy inovace, které hrají hlavní roli ve zvyšování životní úrovně, jako je internet nebo letadla. Historickým milníkem je představení umělé inteligence široké veřejnosti v podobě ChatGPT, jakožto vstupní brány do světa umělé inteligence široké veřejnosti. Maple a kol. (2023) uvádějí, že umělá inteligence transformuje celý průmysl. Navzdory celosvětovému uznání však existují otázky týkající se soukromý a bezpečnosti dat, které podniky musejí nutně označovat za kritické. Zaměříme-li se blíže na potravinářský průmysl, pak například Rokhva a kol. (2024) popisují využívání AI na model počítačového vidění – rozpoznávání, kdy na základě téměř 17 000 databáze obrázků je systém schopný rozpoznat potraviny s cílem omezení plýtvání potravin, sledování nutričního obsahu a zvýšení produktivity velkovýroby potravin, přičemž systém

dosahuje přesnosti více než 96 %. Důležité je, že i potravinářský průmysl v České republice reaguje na nástup umělé inteligence, byť například ještě není ve fázi realizace projektu, jak naznačuje případová studie A v podobě systému na rozpoznávání lahví.

5 Přínosy práce, omezení a implikace výzkumu

Disertační práce přináší několik zásadních přínosů, které jsou jak praktické, tak i teoretické. Výzkum se zaměřuje na implementaci Průmyslu 4.0 výhradně na poli potravinářských podniků v České republice, a to prostřednictvím studie hodnocení připravenosti podniků na Průmysl 4.0. Práce přispívá k pochopení konceptu Průmyslu 4.0 v kontextu potravinářského průmyslu, přičemž se jedná o relativně neprobádanou oblast výzkumu. Její přínos spočívá v systematickém zkoumání teoretických modelů, předpokladů a jejich aplikaci na 102 podniků potravinářského průmyslu. Z hlediska teoretických příspěvků přináší studie především upravený rámec pro hodnocení připravenosti podniků na základě jednotlivých dimenzí.

Vytvořený index připravenosti podniků na Průmysl 4.0 je nástroj, který umožňuje efektivně měřit úroveň připravenosti firem na digitální transformaci. Tento index může sloužit nejen jako základ pro budoucí výzkumy, ale také jako praktický nástroj pro podniky, které chtějí hodnotit svou aktuální situaci.

Výsledky výzkumu mohou být přímým nástrojem pro podniky nejen v potravinářském průmyslu, které usilují o implementaci Průmyslu 4.0. Práce poskytuje návod, jak hodnotit svou připravenost na tyto změny. Na základě výše uvedeného lze v budoucnu uvažovat o on-line nástroji, který by umožnil podnikům vypočítat vlastní index připravenosti.

Za omezení provedeného výzkumu lze označit samotný vzorek, a tedy i výsledky výzkumu, které limitují zobecnění výsledků na jiné sektory průmyslu nebo jiné geografické oblasti. Přestože byly podniky vybrány tak, aby reprezentovaly různé velikosti a hlavní ekonomické činnosti.

Dalším omezením práce je časový rámec výzkumu, který byl proveden v konkrétním časovém období, to znamená, že zachycená data odrážejí stav připravenosti podniků na Průmysl 4.0 v tomto specifickém období a je třeba zohlednit rychlý technologický pokrok a změny v konkurenčním prostředí.

Omezení lze spatřovat také v definici a zařazení oblastí do jednotlivých dimenzí. Přestože jsou tyto postupy podloženy výzkumy, nenalezneme mezi autory jednoznačnou shodu na obsahu jednotlivých hodnotících dimenzí, jak také naznačuje diskuse. Poslední omezení lze spatřovat v celosvětové pandemii COVID-19, neboť výzkum mezi podniky probíhal právě v pandemických letech.

Prezentovaný výzkum zachycuje stav připravenosti k danému období, jak je výše naznačeno v limitech práce, bylo by vhodné replikovat daný výzkum v aktuálním, resp. budoucím.

Dále se nabízí mezinárodní srovnání, tedy provedení výzkumu například v zemích V4. Budoucí výzkum by se také měl více soustředit na vztah ESG a Industry 4.0, jak ostatně ukazují výsledky v motivaci podniků implementovat Průmysl 4.0.

6 Závěr

Hlavním cílem disertační práce bylo navrhnout metodický postup k hodnocení připravenosti podniků v ČR na Průmysl 4.0 se zaměřením na potravinářský průmysl. Tato práce se do hloubky zaměřila na komplexní soubor témat, která hrají klíčovou roli v moderním ekonomickém prostředí a mají zásadní dopad na podnikatelskou sféru a ekonomický rozvoj. Přehled literatury ukázal, že inovační prostředí hraje zásadní roli při podpoře a usnadnění inovací v organizacích. Prostor pro kreativitu a experimentování musí být pevně zakotven ve firemní kultuře prostřednictvím aktivního vedení a zapojení managementu a zaměstnanců. Spolupráce s externími partnery, včetně univerzit, výzkumných institucí, může mnoha podnikům přinést nové perspektivy a inovativní řešení. Průmysl 4.0 představuje novou éru průmyslové revoluce, kde se digitální technologie, automatizace a umělá inteligence prolínají se zavedenými průmyslovými postupy. Transformace digitálního průmyslu nabízí nejen zvýšenou efektivitu a produktivitu, ale také nové příležitosti pro inovace a vytváření nových obchodních modelů. Podniky, které jsou schopny přizpůsobit své procesy a implementovat moderní technologie, budou lépe vybaveny k dosažení konkurenční výhody.

Výsledky ukázaly, že připravenost podniků na Průmysl 4.0 se výrazně liší v závislosti na velikosti podniku. Velké podniky obecně vykazují vyšší úroveň připravenosti, což je patrné zejména v dimenzích jako jsou technologie a leadership. Tyto podniky mají větší kapacity pro investice do modernizace, lepší přístup k IT odborníkům a širší možnosti implementace pokročilých technologií. Naopak malé a střední podniky (MSP) čelí větším překážkám, zejména v oblasti financí a lidských zdrojů, což je často brzdí v jejich snaze přizpůsobit se novým technologickým trendům.

Kromě rozdílů mezi velikostmi podniků se ukázalo, že klíčovou roli hraje také vnitropodniková kultura a míra digitalizace. Podniky, které již mají dobře nastavené procesy v oblasti digitalizace a integrace IT technologií, jsou mnohem lépe připraveny na přechod k Průmyslu 4.0. Zároveň se potvrdilo, že podpora ze strany vedení a vlastníků je nezbytným předpokladem pro úspěšnou implementaci. Leadership se ukázal jako klíčový faktor, který může zásadně ovlivnit ochotu podniku investovat do nových technologií a přizpůsobit se měnícím se tržním podmínkám.

Analýza dvou různých indexů připravenosti, které byly vyvinuty v rámci této práce a naplňují tak cíl práce, poskytla komplexní pohled na různé aspekty připravenosti podniků. První index byl zaměřen na souhrnné hodnocení připravenosti napříč všemi dimenzemi optikou respondentů, zatímco druhý index se soustředil na konkrétní otázky, které byly přímo propojeny s jednotlivými dimenzemi. Rozdíly mezi těmito indexy ukazují, že různé metody hodnocení mohou přinést odlišné pohledy, ne však nutně dramatické rozdíly a zdůrazňují důležitost multifaktoriálního přístupu při hodnocení připravenosti na Průmysl 4.0.

Celkově lze konstatovat, že potravinářské podniky v České republice jsou na cestě k implementaci Průmyslu 4.0, ale před nimi stojí ještě řada výzev. Pro úspěšný přechod na Průmysl 4.0 bude nezbytné, aby se podniky více zaměřily na rozvoj svých technologií, zvýšení digitální vyspělosti a posílení kompetencí svých zaměstnanců. Klíčovou roli bude hrát také podpora ze strany vedení a strategické plánování, které by mělo reflektovat nové trendy a potřeby trhu.

Přílohy

- 1) Znění dotazníku
- 2) Případové studie

Znění dotazníku

Otázka č.	Otázka	Typ otázky	Typ odpovědi	Dimenze
1	Uvažujete o zavedení průmyslu 4.0 ve vašem podniku?	uzavřená	dichotomická	Strategie
2	Uveďte IČO podniku.	s otevřeným koncem	číselná	N/A
3	Uveďte převažující ekonomickou činnost.	uzavřená	více možností	N/A
4	Uveďte počet zaměstnanců.	s otevřeným koncem	numerická	N/A
5	Jaké procento tržeb představuje export do zahraničí?	s otevřeným koncem	numerická	N/A
6	Jak byste procentuálně odhadli připravenosti vašeho podniku na implementaci Průmyslu 4.0?	uzavřená	matice	Všechno
7	Pro splnění požadavků na technickou připravenost je nutná radikální změna.	uzavřená	Likertova škála	Technika
8	S jakými bariérami jste se setkali v průběhu implementace?	uzavřená (jiné)	matice	N/A
9	Jaké jsou hlavní důvody pro implementaci Průmyslu 4.0 ve vašem podniku?	uzavřená (jiné)	více možností	Zákazníci
10	V jaké rozsahu jsou zaměstnanci vašeho podniku seznámeni s digitálními technologiemi?	uzavřená	matice	Zaměstnanci
11	V jakém postavení se nachází vlastník vůči investicím do modernizace podniku?	uzavřená	Likertova škála	Vedení lidí
12	Kolik % zaměstnanců tvoří přibližně pracovníci z oboru IT?	s otevřeným koncem	numerická	Kultura
13	Jaké znalosti a dovednosti jsou pro vás klíčové, pokud jde o Průmysl 4.0?	uzavřená (jiné)	matice	Zaměstnanci
14	Máte ve vaší společnosti vypracovanou podnikovou strategii?	uzavřená	více možností	Strategie
15	Máte v rámci firmy nastavené KPI v oblasti Průmyslu 4.0?	uzavřená	dichotomická	Vedení lidí
16	Jakým způsobem sbíráte ve vašem podniku data?	uzavřená	více možností	Zákazníci
17	Využíváte v podniku cloudové úložiště dat?	uzavřená	dichotomický	Technika
18	Do jaké míry je výroba robotizována?	uzavřená	Likertova škála	Produkt
19	Jaká je úroveň digitalizace procesů ve vašem podniku?	uzavřená	Likertova škála	Produkt
20	Jaká je úroveň digitalizace v uvedených oblastech?	uzavřená	matice	Kultura
21	Jak ovlivnila váš podnik pandemie související s nákazou COVID-19?	s otevřeným koncem	s otevřeným koncem	N/A

Případové studie

Případová studie A (velký podnik)

Informace o společnosti:

Pivovar patří mezi přední výrobce piva v České republice s roční produkcí přesahující 1,5 milionu hektolitrů. Společnost má více než 125letou historii a zaměřuje se na výrobu prémiových ležáků, které tvoří 80 % jejího sortimentu. Roční obrat společnosti dosahuje 2,3 miliardy korun, přičemž 60 % produkce směřuje na zahraniční trhy, zejména do Německa, Slovenska a Velké Británie. Firma zaměstnává přibližně 600 pracovníků a pravidelně investuje do modernizace výroby, přičemž v posledních pěti letech investice přesáhly 500 milionů korun. Pivovar také výrazně investuje do technologických inovací s cílem zvýšit efektivitu výroby a snížit provozní náklady.

Minulý stav:

Před zavedením inovací čelil pivovar významným problémům souvisejícím s efektivitou své stáčecí linky. V rámci výrobního procesu probíhalo časté přerušování výroby kvůli nutnosti přestavby stáčecích strojů při změnách produktů, balení a formátů. Tyto přestavby často vyžadovaly kompletní zastavení celé linky, což vedlo ke značným prostojům a nízké produktivitě.

Během přestaveb nebyla jasně rozlišena možnost, jaké úkony mohou být prováděny za chodu stroje a jaké nikoliv. Všechny operace se proto prováděly při zastavení stroje, což zbytečně prodlužovalo dobu nečinnosti. Dále nebyly zavedeny standardizované postupy pro optimalizaci přestaveb, což znamenalo, že délka přestaveb byla značně variabilní a závisela na zkušenostech operátorů. Jedna z nejčastějších přestaveb, při změně formátu balení z volně ložených plechovek na balení typu "taštičky" (4x6 plechovek), trvala v průměru 70 minut, což výrazně snižovalo kapacitu výroby.

Navíc byla nedostatečná technická podpora pro modernizaci zařízení. Spojovací součástky byly často pevné, což vyžadovalo časově náročné demontáže a následné montáže. Celý proces přestavby byl tak nejen pomalý, ale také náchylný k chybám a neefektivnímu využití pracovních sil. Tyto nedostatky vedly k opakovaným prostojům a snížení celkového objemu výroby.

Aktuální stav:

Týdenní výroba na této stáčecí lince obsahuje časté změny artiklu – změna stáčecího nápoje, změna balení, změna obalových materiálu atd. Tyto změny vyžadují přestavby strojních zařízení, které probíhají při zastavení celé výrobní linky. Cílem bylo přeseřízení zefektivnit tak, abychom zvýšili čistý čas využití celé linky. Jako metodu jsme zvolili metodu SMED (Single Minute Exchange of Dies) z japonské filozofie Kaizen. Metoda popisuje, jak přistoupit k optimalizaci procesu přestavby.

V první fázi byla provedena analýza všech přestaveb, které na lince probíhají. Z této analýzy jsme vybrali nejfrekventovanější přestavby, které trvají významný čas a které jsou vhodné pro optimalizaci. Jako příklad uvedu konkrétní přestavbu, která se týká změnu formátu balení a to z tzv. volně loženého (24 plechovek v balení) na balení tzv. taštiček 4x6 (4 taštičky po 6 plechovkách). Proběhla detailní analýza celé přestavby – přestavba začíná posledním dobrým kusem původní zakázky a končí funkční výrobou nové zakázky. Veškeré činnosti byly klasifikovány v návaznosti na interní (musí se dělat při zastavení stroje) a externí (můžou se udělat i při chodu stroje). Dále bylo změřeno, jak dlouho jaká činnost trvá a kdo všechny se na činnosti podílí. Týmovou prací byl definován první standard po zavedení navržených zlepšení, optimalizací. Řadu činností bylo možné předpřipravit ještě za chodu stroje, přičemž do přestavby bylo zapojeno více lidí z řad operátorů – jako výpomoc seřizovačům.

Postupně jsme zavedli i nápady ve formě technických řešení – optimalizace přestavbových formátových dílů, nahrazení pevných šroubení rychlospojkou atp. Proběhl trénink přes všechny směny tak, aby výsledky byly konzistentní napříč směny. Aktuálně měříme systémově (z ERP systému dané linky) jak dlouho přestavba trvala.

Níže přidáváme časový vývoj přestavby v čase (data jsou v minutách):

Typ přestavby	Před SM.	čvn .23	čvc .23	srp .23	zář .23	říj. 23	lis. 23	pro .23	led .24	úno .24	bře .24	dub .24	kvě .24	čvn .24	čvc .24	srp .24
volný – taštičky	70	45	45	43	45	45	36	34	34	32	23	18	13	14	15	14

Postupně se nám daří přestavby ještě optimalizovat a dosahovat průběžně ještě lepších výsledků realizací navržených opatření.

Ve spolupráci s výrobcem kompletních stáčecích linek (firma Krones), dále plánujeme zavést při plánovaném nákupu nové láhvové linky zařízení Linatronic AI –

zařízení, které kontroluje láhve na vstupu do plniče a vyřazuje poškozené, kontaminované a další nevhodné láhve. Firma Krones uvedla nyní novinku Linatronic AI – zařízení, kde implementovali neuronovou síť, kterou interně vytrénovali statisíci snímků z reality (data od zákazníků). Tímto by toto zařízení mělo být ještě přesnější a mělo by výrazně zlepšit detekci OK/NOK láhví. Často se však stává, že zařízení přes svoji vyšší citlivost zbytečně vyřazuje OK láhve

Případová studie B (MSP)

Informace o společnosti:

Společnost patří mezi výrobce a distributory masa a masných výrobků v České republice. S více než 30letou historií zaměstnává přibližně 230 pracovníků a ročně produkuje přes 15 000 tun masných výrobků, včetně čerstvého masa, uzenin a delikates. Roční obrát společnosti přesahuje 1,5 miliardy korun, přičemž hlavními odběrateli jsou velké maloobchodní řetězce a restaurační zařízení po celé zemi. Společnost se zaměřuje na inovace a neustále modernizuje své výrobní i logistické procesy. Významná část produkce směřuje také na zahraniční trhy, zejména do Německa a Slovenska.

Minulý stav:

Před zavedením moderního systému pro správu docházky firma čelila výrazným problémům při řízení pracovní síly, zejména kvůli zastaralému a neefektivnímu procesu správy docházky. Plánování směn probíhalo manuálně v Excelu, což znamenalo, že manažeři museli každý měsíc ručně sestavovat harmonogram směn pro stovky zaměstnanců. Tento proces nejenže zabíral značné množství času, ale také často vedl k chybám v rozvrhu, které následně způsobovaly zmatky v provozu a nutné dodatečné úpravy.

Docházka byla monitorována pomocí starého systému StaffTime, který vyžadoval ruční zadávání údajů. Po sestavení směn musel být plán vytisknut a následně přepsán do elektronického systému, což často vedlo ke zpožděním a chybám při aktualizaci. Jakákoliv změna v docházce, například žádost o dovolenou, návštěva lékaře nebo úprava směny, musela být řešena manuálně jak na papíře, tak v systému. Tyto změny musely být fyzicky podepsány zaměstnanci i vedoucím a teprve poté aktualizovány v počítači.

Tento zdlouhavý a administrativně náročný proces vedl často k nepřesnostem v docházkových údajích, což ztěžovalo efektivní řízení lidských zdrojů a způsobovalo problémy s přesným sledováním odpracovaných hodin. Výsledkem byla neefektivní administrativa, která zbytečně zaměstnávala manažery a narušovala plynulost provozu.

Aktuální stav:

Přechod na nový systém TimeTrack byl významným krokem ke zjednodušení a zefektivnění celého procesu docházky. TimeTrack automatizuje plánování směn na základě různých kritérií, jako jsou zákaznické špičky, závozy zboží a individuální

požadavky zaměstnanců. Systém bere v úvahu historická data o pracovním vytížení a předpovídá potřebné kapacity pro nadcházející týdny a měsíce. Manažer tak už nemusí trávit hodiny manuálním sestavováním plánů, protože systém sám vygeneruje docházku na celý měsíc s ohledem na aktuální potřeby výroby i provozu.

Dalším klíčovým přínosem je digitalizace docházky. Tisk a fyzické podepisování dokumentů se stalo minulostí. Zaměstnanci nyní využívají mobilní aplikaci, která umožňuje snadné zadávání žádostí o volno, návštěvy lékaře a dovolené. Všechny změny směn jsou rovněž schvalovány přímo v aplikaci a zaměstnanci mají kdykoliv přístup k aktuálnímu plánu směn. Mobilní aplikace také umožňuje zaměstnancům snadno sledovat počet odpracovaných hodin, schválené dovolené a další důležité informace týkající se jejich pracovní doby.

Pro brigádníky byl zaveden přehled neobsazených směn, které si mohou jednoduše zarezervovat přímo v aplikaci. Tím je zajištěna flexibilita pracovních plánů a možnost rychle doplnit pracovní kapacity, když je to třeba. Tento krok významně snížil počet neobsazených směn, a tím i riziko narušení plynulosti provozu.

Kromě toho systém poskytuje manažerům detailní analýzy docházky a využití pracovní síly. Manažeři mají možnost sledovat v reálném čase výkonnost jednotlivých týmů, identifikovat případné nedostatky ve směnách a upravovat plány na základě aktuálních dat. Díky tomu je možné optimalizovat pracovní dobu a minimalizovat nadbytečné náklady spojené s neefektivním rozvržením směn. Tento moderní přístup firmě výrazně ušetřil čas, eliminoval chyby spojené s manuálním zadáváním, snížil administrativní zátěž a zefektivnil celý proces řízení lidských zdrojů.

Případová studie C (Mikropodnik)

Informace o společnosti

Pekárna byla založena před 15 lety a od svého vzniku se zaměřuje na výrobu kvalitního pečiva, zaměřeného zejména na tradiční české recepty. Podnik má devět zaměstnanců, z toho pět pracuje ve výrobě, dva jsou zodpovědní za distribuci a logistiku a dva za administrativu a provoz prodejny. Roční obrat pekárny dosahuje přibližně 8 milionů korun, přičemž 60 % produkce tvoří běžné pečivo, jako jsou chleby, rohlíky a bagety, a 40 % specializované výrobky, jako jsou sladké koláče a domácí zákusky. Pekárna denně produkuje 1 200–1 500 kusů pečiva, které je dodáváno do několika malých obchodů a kaváren v okolí. V posledních letech se společnost začala potýkat s růstem poptávky, což vedlo k nutnosti zlepšit její výrobní kapacity a optimalizovat logistiku dodávek.

Minulý stav

Před zavedením inovací čelila pekárna významným provozním výzvám. Celý proces plánování výroby probíhal manuálně, což přinášelo problémy zejména při zpracování objednávek z více zdrojů. Zakázky od jednotlivých zákazníků byly přijímány telefonicky a následně ručně zapisovány do deníku. Výroba probíhala na základě těchto ručně zpracovaných záznamů, což často vedlo k nejasnostem ohledně toho, které produkty mají být připraveny jako první, nebo které zakázky jsou prioritní.

Distribuce pekářenských výrobků rovněž trpěla kvůli nedostatečné koordinaci mezi výrobním a logistickým týmem. Řidiči často vyjížděli s nedostatečně naplánovanými trasami, což vedlo k neefektivnímu rozvážení a zbytečnému zpoždění dodávek. Řada objednávek se musela dopravovat ve spěchu, protože nebyla včas připravena k expedici. Výsledkem byl chaos a stres pro zaměstnance i časté stížnosti zákazníků na opožděné nebo neúplné dodávky.

Pekárna také pracovala s omezenými skladovými zásobami, což vedlo k častému nedostatku klíčových surovin. V případě, že některá surovina došla, nebylo možné ji okamžitě doplnit, což vedlo k narušení výroby a nutnosti hledat rychlé a často dražší alternativy. Tento stav zpomaloval růst pekárny a ohrožoval její konkurenceschopnost.

Aktuální stav

Přechod na digitální systém pro správu výroby a objednávek byl pro pekárnu zásadním krokem ke zvýšení efektivity. Pekárna implementovala jednoduchý, ale účinný

software pro řízení objednávek, výroby a skladových zásob. Tento systém umožňuje přijímat objednávky elektronicky přes e-mail nebo webovou aplikaci, která byla vytvořena pro klíčové zákazníky. Každá objednávka je automaticky přiřazena do výrobního plánu, což eliminovalo chyby vznikající při ručním zadávání.

Zavedení digitálního systému zároveň umožnilo snadnější plánování výroby. Manažer výroby nyní vidí všechny objednávky přehledně na jednom místě a může optimalizovat rozvrh výroby tak, aby byly nejdůležitější zakázky vždy zpracovány včas. Zásadní změnou je také propojení s evidencí skladových zásob, díky kterému je možné automaticky sledovat stav klíčových surovin a včas zadávat objednávky na doplnění, čímž se eliminují výpadky ve výrobě.

Distribuce se rovněž zlepšila díky zavedení jednoduché aplikace pro plánování rozvozů. Řidiči mají nyní přístup k aplikaci, která jim generuje optimální trasy na základě aktuálních objednávek a dopravní situace. To vedlo k výraznému zkrácení doby potřebné k doručení zboží a snížení nákladů na pohonné hmoty. Zákazníci jsou nyní schopni sledovat stav svých objednávek online a vědí přesně, kdy mohou očekávat doručení.

Díky těmto inovacím pekárna nejen zvýšila svou produkční kapacitu, ale také zlepšila spokojenost svých zákazníků. Zaměstnanci mají nyní více času se soustředit na kvalitu výrobků a eliminovat stres spojený s nejasným plánováním a zbytečnými chybami. Celková efektivita pekárny se zvýšila, což jí umožňuje lépe reagovat na rostoucí poptávku a zároveň zajišťovat vysokou kvalitu svého pečiva.

Seznam grafů a tabulek

Graf 1: Produktové a procesní inovace podniků v čase	50
Graf 2: ISCED L3-L4	54
Graf 3: ISCED L5-L8	55
Graf 4: Podíl studujících osob ve věku 25–60 let	56
Graf 5: Výdaje na veřejné školství	57
Graf 6: Výdaje na veřejné školství v přepočtu na studenta	58
Graf 7: Počet absolventů technických oborů	59
Graf 8: Počet publikací WOS	61
Graf 9: Výzkum distribuce dat/CZ-NACE	65
Graf 10: Rozložení dat – implementace Průmyslu 4.0	69
Graf 11: Rozložení dat – podniková strategie	70
Graf 12: Rozložení dat – bariéry implementace	72
Graf 13: Sutinový graf	75
Graf 14: Komponentní zátěže	76
Graf 15: Rozložení dat – technická připravenost podniků	80
Graf 16: Rozložení dat – technická připravenost dle CZ-NACE	81
Graf 17: Rozložení dat – využívání cloudu	82
Graf 18: Rozložení dat – důvody implementace	85
Graf 19: Rozložení dat – využívání dat	86
Graf 20: Krabicový diagram	90
Graf 21: Rozložení dat – znalost digitálních technologií	94
Graf 22: Dendogram	96
Graf 23: Rozložení dat – S1, S2 – velikost podniku	97
Graf 24: Rozložení dat – znalosti a dovednosti	99
Graf 25: Rozložení dat – postavení vlastníka vůči investicím	102
Graf 26: Rozložení dat – KPI v oblasti Průmyslu 4.0	104
Graf 27: Boxový diagram	105
Graf 28: Rozložení dat – podíl IT zaměstnanců	110
Graf 29: Rozložení dat – úroveň digitalizace	111
Graf 30: Index digitální vyspělosti	112
Graf 31: Index digitální vyspělosti	113
Graf 32: Rozložení dat – robotizace výroby	116
Graf 33: Rozložení dat – digitalizace interních procesů	117
Graf 34: Rozložení dat – hodnocení dimenzí	122
Graf 35: Sutinový graf	124
Graf 36: Index připravenosti	125
Graf 37: Sutinový graf	127
Graf 38: Index připravenosti (II)	128
Graf 39: Srovnání indexů I1 a I2	128
Graf 40: Pandemie, kódování	129

Tabulka 1: Hlavní dimenze hodnocení modelů připravenosti	46
Tabulka 2: Podíl inovujících podniků	50
Tabulka 3: Inovační aktivity – zpracovatelský průmysl	52
Tabulka 4: Výpočet MWU – velikost podniku/implementace	71
Tabulka 5: Pearson – bariéry implementace	73
Tabulka 6: Výpočet PCA, bariéry implementace	75
Tabulka 7: Výpočet MWU – využívání cloudu/bezpečnostní hrozby	83
Tabulka 8: Výpočet MWU – cloud/technické požadavky	83
Tabulka 9: Výpočet MWU – cloud/implementace	87
Tabulka 10: Výpočet Fischerův test – implementace/důvody implementace	88
Tabulka 11: Výpočet MWU – počet zaměstnanců/důvody implementace	89
Tabulka 12: Výpočet PCA: komponentní zátěže	96
Tabulka 13: Výpočet MWU – velikost podniku/S1, S2	98
Tabulka 14: Výpočet MWU – připravenost podniků/S1, S2	98
Tabulka 15: Bariéry inovačních aktivit	103
Tabulka 16: Výpočet Spearman – postavení vlastníka/bariéry implementace	103
Tabulka 17: Výpočet MWU – velikost podniku/KPI	105
Tabulka 18: Výpočet MWU – připravenost podniků/KPI	106
Tabulka 19: Výpočet Pearson – velikost podniků/podíl IT zaměstnanců	111
Tabulka 20: Výpočet Spearman – míra robotizace/digitalizace interních procesů	118
Tabulka 21: Výpočet MWU – implementace/míra robotizace	118
Tabulka 22: Výpočet Superman – robotizace výroby/znalosti a dovednosti	119
Tabulka 23: Korelační matice – dimenze	123
Tabulka 24: Výpočet PCA – dimenze	123
Tabulka 25: Výpočet PCA – komponentní zátěže	124
Tabulka 26: Korelační matice – dimenze (II.)	126
Tabulka 27: Výpočet PCA – dimenze (II.)	126
Tabulka 28: Výpočet PCA – komponentní zátěže (II.)	127

Literatura

1. Abdulhameed, O., Al-Ahmari, A., Ameen, W., & Mian, SH (2019). Additive manufacturing: Challenges, trends, and applications. *Advances in Mechanical Engineering*, 11 (2), 168781401882288. <https://doi.org/10.1177/1687814018822880>
2. Acosta, B., Acosta, M., & Espinoza, B. (2016). Understanding innovation based on company optics: interpretation mistakes on the types of innovation developed. *RAI Revista de Administração e Inovação*, 13(4), 295–304. <https://doi.org/10.1016/j.rai.2016.03.006>
3. Acharya, AS, Prakash, A., Saxena, P., & Nigam, A. (2013). Sampling: Why and how of it? In *Indian Journal of Medical Specialties* (Vol. 4). <https://doi.org/10.7713/ijms.2013.0032>
4. Akkaya, B., Guah, M. W., Jermstittiparsert, K., Bulinska-Stangrecka, H., & Koçyiğit, Y. K. (2022). *Agile Management and VUCA-RR: Opportunities and Threats in Industry 4.0 towards Society 5.0*. Emerald Group Publishing.
5. Akundi, A., Euresti, D., Luna, S., Ankobiah, W., Lopes, A., & Edinbarough, I. (2022). State of Industry 5.0—Analysis and Identification of Current Research Trends. *Applied System Innovation*, 5(1), 27. <https://doi.org/10.3390/asi5010027>
6. Akyazi, T., Goti, A., Oyarbide, A., Alberdi, E., & Bayon, F. (2020). A Guide for the Food Industry to Meet the Future Skills Requirements Emerging with Industry 4.0. *Foods*, 9(4), 492. <https://doi.org/10.3390/foods9040492>
7. Alcácer, V., & Cruz-Machado, V. (2019). Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 22 (3), 899–919. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2019.01.006>
8. Ali, I., & Aboelmaged, M. G. S. (2022). Implementation of supply chain 4.0 in the food and beverage industry: Perceived drivers and barriers. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 71(4), 1426–1443. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-07-2020-0393>
9. Alexa, L., Pîslaru, M., & Avasilcăi, S. (2022). From Industry 4.0 to Industry 5.0—An Overview of European Union Enterprises. In A. Draghici & L. Ivascu (Ed.), *Sustainability and Innovation in Manufacturing Enterprises* (s. 221–231). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-7365-8_8
10. Ansari, I., Barati, M., Sadeghi Moghadam, M. R., & Ghobakhloo, M. (2023). An Industry 4.0 readiness model for new technology exploitation. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 40(10), 2519–2538. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-11-2022-0331>

11. Antony, J., Sony, M., & McDermott, O. (2023). Conceptualizing Industry 4.0 readiness model dimensions: An exploratory sequential mixed-method study. *The TQM Journal*, 35(2), 577–596. <https://doi.org/10.1108/TQM-06-2021-0180>
12. Araújo, D., Sampaio, F., Castro, M., Pinheiro, S., & Macedo, A. (2014). Teste no tempo: Da teoria clássica da administração à organização atual do trabalho de Enfermagem. *Revista de Enfermagem Referência, IV Series* Nº 2), 111–120. <https://doi.org/10.12707/RIII13109>
13. Armengaud, E., Sams, C., von Falck, G., List, G., Kreiner, C., & Riel, A. (2017). Industry 4.0 as Digitalization over the Entire Product Lifecycle: Opportunities in the Automotive Domain. V J. Stolfa, S. Stolfa, RV O'Connor, & R. Messnarz (ed.), *Systémy, software a služby Process Improvement* (str. 334–351). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64218-5_28
14. Armstrong, M. (2007). Řízení lidských zdrojů: Nejnovější trendy a postupy: 10. vydání (J. Koubek, Přel.; 1. vyd). Grada. 978-80-247-5258-7.
15. Attiany, M., Al-kharabsheh, S., Al-Makhariz, L., Abed-Qader, M., Al-Hawary, S., Mohammad, A., & Rahamneh, A. (2023). Překážky pro přijetí Industry 4.0 v dodavatelských řetězcích pomocí interpretačního strukturálního modelování. *Uncertain Supply Chain Management*, 11 (1), 299–306.
16. Augusto, PE (2020). Challenges, trends and opportunities in food processing. *Current Opinion in Food Science*, 35, 72–78. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.03.005>
17. Bader, F., & Rahimifard, S. (2018). Challenges for Industrial Robot Applications in Food Manufacturing. *Proceedings of the 2nd International Symposium on Computer Science and Intelligent Control*, 1–8. <https://doi.org/10.1145/3284557.3284723>
18. Bajic, B., Rikalovic, A., Suzic, N., & Piuri, V. (2021). Industry 4.0 Implementation Challenges and Opportunities: A Managerial Perspective. *IEEE Systems Journal*, 15(1), 546–559. *IEEE Systems Journal*. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2020.3023041>
19. Barros, AC, Azevedo, A., Rodrigues, JC, Marques, A., Toscano, C., & Simões, AC (2017). Implementace kyberneticko-fyzikálních systémů ve výrobě. <http://repositorio.inesctec.pt/handle/123456789/9998>
20. Bartoš, V. (2017). Průmysl 4.0 v potravinářství. *SystemOnLine.cz*. <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/prumysl-4.0-v-potravinarstvi.htm>
21. Beck, K. (2001). *Manifest Agilního vývoje software*. <https://agilemanifesto.org/iso/cs/manifesto.html>
22. Benitez, GB, Ayala, NF, & Frank, AG (2020). Industry 4.0 innovation ecosystems: An evolutionary perspective on value cocreation. *International*

- Journal of Production Economics, 228, 107735.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107735>
23. Bigliardi, B. (2021). Industry 4.0 Applied to Food. Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822714-5.00001-2>
 24. Bolibok, P. M. (2024). Does Firm Size Matter for ESG Risk? Cross-Sectional Evidence from the Banking Industry. *Sustainability*, 16(2), 679.
<https://doi.org/10.3390/su16020679>
 25. Bolisani, E., & Bratianu, C. (2018). The Emergence of Knowledge Management. In E. Bolisani & C. Bratianu, *Emergent Knowledge Strategies* (str. 23–47). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60657-6_2
 26. Bosilj, P., Duckett, T., & Cielniak, G. (2018). Analysis of Morphology-Based Features for Classification of Crop and Weeds in Precision Agriculture. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 3 (4), 2950–2956.
<https://doi.org/10.1109/LRA.2018.2848305>
 27. Braglia, M., Gabbrielli, R., Marrazzini, L., & Padellini, L. (2022). Key Performance Indicators and Industry 4.0—A structured approach for monitoring the implementation of digital technologies. *Procedia Computer Science*, 200, 1626–1635. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.363>
 28. Calabrese, A., Levialdi Ghiron, N., & Tiburzi, L. (2021). ‘Evolutions’ and ‘revolutions’ in manufacturers’ implementation of industry 4.0: A literature review, a multiple case study, and a conceptual framework. *Production Planning & Control*, 32(3), 213–227. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1719715>
 29. Cohen, D., & Costa, P. (2004). An Introduction to Agile Methods. *Advances in Computers*, 62, 1–66. [https://doi.org/10.1016/S0065-2458\(03\)62001-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2458(03)62001-2)
 30. Cugno, M., Castagnoli, R., Büchi, G., & Pini, M. (2022). Industry 4.0 and production recovery in the covid era. *Technovation*, 114, 102443.
<https://doi.org/10.1016/j.technovation.2021.102443>
 31. Čater, T., Čater, B., Černe, M., Koman, M., & Redek, T. (2021). Industry 4.0 technologies usage: Motives and enablers. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(9), 323–345. <https://doi.org/10.1108/JMTM-01-2021-0026>
 32. Črešnar, R., Dabić, M., Stojčić, N., & Nedelko, Z. (2023). It takes two to tango: Technological and non-technological factors of Industry 4.0 implementation in manufacturing firms. *Review of Managerial Science*, 17(3), 827–853.
<https://doi.org/10.1007/s11846-022-00543-7>
 33. ČSÚ. (2023, říjen 18). ICT v podnicích. *Statistika*. <https://csu.gov.cz/ict-v-podnicich>
 34. ČSÚ. (2024, červen 28). Inovace. *Statistika*. <https://csu.gov.cz/inovace>
 35. Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance.

- International Journal of Production Economics*, 204, 383–394.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019>
36. Dalmarco, G., Ramalho, FR, Barros, AC, & Soares, AL (2019). Providing industry 4.0 technologies: The case of a production technology cluster. *The Journal of High Technology Management Research*, 30 (2), 100355.
<https://doi.org/10.1016/j.hitech.2019.100355>
 37. Dedouchová, M. (2001). *Strategie podniku* (Vyd. 1). C.H. Beck. 807-17-9603-4.
 38. Di Stefano, G., Gambardella, A., & Verona, G. (2012). Technology push and demand pull perspectives in innovation studies: Current findings and future research directions, 41 (8), 1283–1295.
<https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.03.021>
 39. Doležal, J. (2022). *Agilní přístupy vývoje produktu a řízení projektu: Komplexně, prakticky a dle světové praxe*. Grada Publishing a.s. 978-80-271-3705-3.
 40. Donnelly, J. H., Gibson, J. L., & Ivancevich, J. M. (1997). *Management* (V. Dolanský & J. Koubek, Přel.; Vyd. 1). Grada. 80-7169-422-3.
 41. Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. A. (2013). *Fundamentals of Business Process Management*. Springer Berlin Heidelberg.
<https://doi.org/10.1007/978-3-642-33143-5>
 42. Drempetic, S., Klein, C., & Zwergel, B. (2020). The Influence of Firm Size on the ESG Score: Corporate Sustainability Ratings Under Review. *Journal of Business Ethics*, 167(2), 333–360. <https://doi.org/10.1007/s10551-019-04164-1>
 43. Effendi, M., Jasman, J., Utami, E. Y., & Judijanto, L. (2023). Transformation of Traditional Food and Beverage Industry with Industry 4.0 Approach: Case Study on Culinary Business in Bandung Area. *West Science Journal Economic and Entrepreneurship*, 1(04), 137–144. <https://doi.org/10.58812/wsjee.v1i04.390>
 44. El Baz, J., Tiwari, S., Akenroye, T., Cherrafi, A., & Derrouiche, R. (2022). A framework of sustainability drivers and externalities for Industry 4.0 technologies using the Best-Worst Method. *Journal of Cleaner Production*, 344, 130909.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130909>
 45. Elhusseiny, HM, & Crispim, J. (2022). SMEs, Barriers and Opportunities on adopting Industry 4.0: A Review. *Procedia Computer Science*, 196 , 864–871.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.086>
 46. eurostat. (2022). Pupils and students—Enrolments.
https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/EN/educ_uoe_enr_esqrs_hu.htm
 47. eurostat. (2024). Database—Eurostat. EDUCATION AND TRAINING.
<https://ec.europa.eu/eurostat/web/education-and-training/database>
 48. Facchini, F., Digiesi, S., & Rodrigues Pinto, LF (2022). Implementation of I4.0 technologies in production systems: opportunities and limits in the digital

- transformation *Procedia Computer Science*, 200, 1705–1714.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.371>
49. Fantini, P., Pinzone, M., & Taisch, M. (2020). Placing the operator at the centre of Industry 4.0 design: Modelling and assessing human activities within cyber-physical systems *Computers & Industrial Engineering*, 139, 105058.
<https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.01.025>
 50. Farooq, R., Vij, S., & Kaur, J. (2021). Innovation orientation and its relationship with business performance: Moderating role of firm size. *Measuring Business Excellence*, 25(3), 328–345. <https://doi.org/10.1108/MBE-08-2020-0117>
 51. Frank, AG, Dalenogare, LS, & Ayala, NF (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies, 210, 15–26.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>
 52. Ghadge, A., Er Kara, M., Moradlou, H., & Goswami, M. (2020). The impact of Industry 4.0 implementation on supply chains *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31 (4), 669–686. <https://doi.org/10.1108/JMTM-10-2019-0368>
 53. Ghobakhloo, M., & Ching, N. T. (2019). Adoption of digital technologies of smart manufacturing in SMEs. *Journal of Industrial Information Integration*, 16, 100107. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2019.100107>
 54. Gobbo, JA, Busso, CM, Gobbo, SCO, & Carreão, H. (2018). Making the links among environmental protection, process safety, and industry 4.0, 117, 372–382.
<https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.05.017>
 55. Godfray, HCJ, Beddington, JR, Crute, IR, Haddad, L., Lawrence, D., Muir, JF, Pretty, J., Robinson, S., Thomas, SM, & Toulmin, C. (2010). Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People *Science*, 327 (5967), 812–818.
<https://doi.org/10.1126/science.1185383>
 56. Grzybowska, K., & Anna, Ł. (2017). Key competencies for Industry 4.0 (s. 253).
<https://doi.org/10.26480/icemi.01.2017.250.253>
 57. Gualtieri, L., Rojas, R., Carabin, G., Palomba, I., Rauch, E., Vidoni, R., & Matt, D. T. (2018). Advanced Automation for SMEs in the I4.0 Revolution: Engineering Education and Employees Training in the Smart Mini Factory Laboratory. 2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 1111–1115.
<https://doi.org/10.1109/IEEM.2018.8607719>
 58. Gudanowska, A. E., Alonso, J. P., & Törmänen, A. (2018). What competencies are needed in the production industry? The case of the Podlaskie Region. *Engineering Management in Production and Services*, 10(1), 65–74.
<https://doi.org/10.1515/emj-2018-0006>
 59. Gunasekaran, A., Subramanian, N., & Ngai, WTE (2019). Quality management in the 21st century enterprises: Research pathway towards Industry 4.0.

- International Journal of Production Economics, 207, 125–129.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.09.005>
60. Gurjanov, AV, Zakoldaev, DA, Shukalov, AV, & Zharinov, IO (2018). Organization of project works in Industry 4.0 digital item designing companies. Journal of Physics: Conference Series, 1015, 052034.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1015/5/052034>
 61. Hahn, GJ (2020). Industry 4.0: a supply chain innovation perspective. International Journal of Production Research, 58 (5), 1425–1441.
<https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1641642>
 62. Hamada, T. (2019). Determinants of Decision-Makers' Attitudes toward Industry 4.0 Adaptation. Social Sciences, 8(5), 140. <https://doi.org/10.3390/socsci8050140>
 63. Hammer, M., Somers, K., Karre, H., & Ramsauer, C. (2017). Profit Per Hour as a Target Process Control Parameter for Manufacturing Systems Enabled by Big Data Analytics and Industry 4.0 Infrastructur. Procedia CIRP, 63, 715–720.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.094>
 64. Hassoun, A., Aït-Kaddour, A., Abu-Mahfouz, A. M., Rathod, N. B., Bader, F., Barba, F. J., Biancolillo, A., Cropotova, J., Galanakis, C. M., Jambrak, A. R., Lorenzo, J. M., Måge, I., Ozogul, F., & Regenstien, J. (2023). The fourth industrial revolution in the food industry—Part I: Industry 4.0 technologies. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 63(23), 6547–6563.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2034735>
 65. Hendl, J. (2005). Kvalitativní výzkum. Základní metody a aplikace. <https://is.slu.cz/publication/12296/cs/Kvalitativni-vyzkum-Zakladni-metody-a-aplikace>. 978-80-7367-485-4
 66. Hizam-Hanafiah, M., Soomro, M. A., & Abdullah, N. L. (2020). Industry 4.0 Readiness Models: A Systematic Literature Review of Model Dimensions. Information, 11(7), 364. <https://doi.org/10.3390/info11070364>
 67. Holton, R. J. (2005). *Making globalization*. Palgrave Macmillan. 978-14-0394-868
 68. Horská, V. (2009). *Koučování ve školní praxi* (Vyd. 1). Grada. 978-80-247-2450-8.
 69. Horváth, D., & Szabó, R. Zs. (2019). Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? *Technological Forecasting and Social Change*, 146, 119–132.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.05.021>
 70. Chauhan, C., Singh, A., & Luthra, S. (2021). Barriers to industry 4.0 adoption and its performance implications: An empirical investigation of emerging economy. Journal of Cleaner Production, 285, 124809.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124809>

71. Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial Intelligence in Education: A Review. IEEE Access, 8, 75264–75278. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510>
72. Child, D. (2006). *The essentials of factor analysis* (3rd ed). Continuum. 0-8264-8000-4.
73. Ibarra, D., Ganzarain, J., & Igartua, JI (2018). Business model innovation through Industry 4.0: A review. Procedia Manufacturing, 22, 4–10. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.002>
74. *Industry 5.0—European Commission*. (2024, červenec 25). https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-50_en
75. Iqbal, J., Khan, Z. H., & Khalid, A. (2017). Prospects of robotics in food industry. Food Science and Technology, 37(2), 159–165. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.14616>
76. Iqbal, MS, & Rahim, ZA (2021). Industry 4.0 And Ethical Challenges In Developing Countries: A Case Study On Pakistan. 2021 International Congress of Advanced Technology and Engineering (ICOTEN), 1–8. <https://doi.org/10.1109/ICOTEN52080.2021.9493437>
77. Januardy, U., Abubakar, A., & Haddade, H. (2023). Aktuality Etika Pemasaran di Era Industri 4.0 Dalam Perspektif Al-Qur'an. Jurnal Keislaman, 6 (1), 50–60. <https://doi.org/10.54298/jk.v6i1.3689>
78. Javaid, M., Haleem, A., Singh, RP, & Suman, R. (2021). Substantial capabilities of robotics in enhancing industry 4.0 implementation. Cognitive Robotics , 1 , 58–75. <https://doi.org/10.1016/j.cogr.2021.06.001>
79. Jedinák, P. (2012). *Profese manažera v organizacích veřejné správy: Charakteristika manažera, zastávané role a vybrané personální činnosti* (1. vyd). Verbum. 978-80-87500-26-2.
80. Jena, MC, Mishra, SK, & Moharana, HS (2020). Application of Industry 4.0 to enhance sustainable manufacturing. Environmental Progress & Sustainable Energy , 39 (1), 13360. <https://doi.org/10.1002/ep.13360>
81. Jimenez, J.-F., Berrah, L., Trentesaux, D., & Chapel, C. (2022). Towards the ethical awareness integration on industrial performance management systems. IFAC-PapersOnLine, 55 (10), 3232–3237. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.10.142>
82. Jiménez, M., Romero, L., Domínguez, IA, Espinosa, M. del M., & Domínguez, M. (2019). Additive Manufacturing Technologies: An Overview about 3D Printing Methods and Future Prospects. Complexity, 2019, 1–30. <https://doi.org/10.1155/2019/9656938>

83. Kamble, SS, Gunasekaran, A., & Gawankar, SA (2018). Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives, 117, 408–425. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.05.009>
84. Kamble, SS, Gunasekaran, A., & Sharma, R. (2018). Analysis of the driving and dependence power of barriers to adopt industry 4.0 in Indian manufacturing industry, 101, 107–119. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.06.004>
85. Kapustina, I., Kalinina, O., Ovchinnikova, A., & Barykin, S. (2020). The logistics network digital twin in view of concept of the non-destructive quality control methods. E3S Web of Conferences, 157, 05001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015705001>
86. Karadayi-Usta, S. (2020). An Interpretive Structural Analysis for Industry 4.0 Adoption Challenges. IEEE Transactions on Engineering Management, 67 (3), 973–978. <https://doi.org/10.1109/TEM.2018.2890443>
87. Kayikci, Y. (2018). Sustainability impact of digitization in logistics. Procedia Manufacturing , 21 , 782–789. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.184>
88. Keřkovský, M., & Vykypěl, O. (2006). *Strategické řízení: Teorie pro praxi*. C.H. Beck. 978-80-7400-637-1.
89. Kiraz, A., Canpolat, O., Özkurt, C., & Tařkın, H. (2020). Analysis of the factors affecting the Industry 4.0 tendency with the structural equation model and an application. Computers, 150, 106911. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106911>
90. Kok, J. (Kobus), & van den Heuvel, S. C. (Ed.). (2019). *Leading in a VUCA World: Integrating Leadership, Discernment and Spirituality* (1st ed. 2019). Springer International Publishing : Imprint: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-98884-9>
91. Knudsen, E. S., Lien, L. B., Timmermans, B., Belik, I., & Pandey, S. (2021). Stability in turbulent times? The effect of digitalization on the sustainability of competitive advantage. Journal of Business Research, 128, 360–369. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.02.008>
92. Knudsen, M., & KaiVo-Oja, J. (2020). Collaborative Robots: Frontiers of Current Literature. Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications , 13–20. <https://doi.org/10.38016/jista.682479>
93. Konur, S., Lan, Y., Thakker, D., Morkyani, G., Polovina, N., & Sharp, J. (2023). Towards design and implementation of Industry 4.0 for food manufacturing. *Neural Computing and Applications*, 35(33), 23753–23765. <https://doi.org/10.1007/s00521-021-05726-z>
94. Koraca, D. (2021). ICT AS A CAUSE OF ORGANIZATIONAL STRUCTURE CHANGES.

95. Koseleva, N., & Ropaite, G. (2017). Big Data in Building Energy Efficiency: Understanding of Big Data and Main Challenges. *Procedia Engineering* , 172 , 544–549. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.064>
96. Kowal, B., Włodarz, D., Brzychczy, E., & Klepka, A. (2022). Analysis of Employees' Competencies in the Context of Industry 4.0. *Energies*, 15(19), 7142. <https://doi.org/10.3390/en15197142>
97. Krawczyńska-Zaucha, T. (2019). A NEW PARADIGM OF MANAGEMENT AND LEADERSHIP IN THE VUCA WORLD1. *Scientific Papers of Silesian University of Technology. Organization and Management Series*, 2019(141), 221–230. <https://doi.org/10.29119/1641-3466.2019.141.16>
98. Industry 4.0 and its impact on employees' age—Google Scholar. (2019). Získáno 27. září 2024, z https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Industry+4.0+and+its+impact+on+employees%E2%80%99+age&author=Kuba,+F.M.&publication_year=2019&journal=Littera+Scr.&volume=12&pages=1%E2%80%9312
99. Kuo, C.-C., Shyu, J. Z., & Ding, K. (2019). Industrial revitalization via industry 4.0—A comparative policy analysis among China, Germany and the USA. *Global Transitions*, 1, 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.glt.2018.12.001>
100. Lamba, K., & Singh, SP (2016). Big Data analytics in supply chain management: some conceptual frameworks. *International Journal of Automation and Logistics* , 2 (4), 279. <https://doi.org/10.1504/IJAL.2016.080341>
101. Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6 (4), 239–242. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
102. Lassnig, M., Müller, J. M., Klieber, K., Zeisler, A., & Schirl, M. (2022). A digital readiness check for the evaluation of supply chain aspects and company size for Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 33(9), 1–18. <https://doi.org/10.1108/JMTM-10-2020-0382>
103. Leloglu, E. (2017). A Review of Security Concerns in Internet of Things, 05 (01), 121–136. <https://doi.org/10.4236/jcc.2017.51010>
104. Li, D., Landström, A., Fast-Berglund, Å., & Almström, P. (2019). Human-Centred Dissemination of Data, Information and Knowledge in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 84 , 380–386. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.261>
105. Liebrecht, C., Kandler, M., Lang, M., Schaumann, S., Stricker, N., Wuest, T., & Lanza, G. (2021). Decision support for the implementation of Industry 4.0 methods: Toolbox, Assessment and Implementation Sequences for Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Systems*, 58, 412–430. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.12.008>
106. Lin, D., Lee, C. K. M., Lau, H., & Yang, Y. (2018). Strategic response to Industry 4.0: An empirical investigation on the Chinese automotive industry.

- Industrial Management & Data Systems, 118(3), 589–605. <https://doi.org/10.1108/IMDS-09-2017-0403>
107. Liu, X., Zhao, M., Li, S., Zhang, F., & Trappe, W. (2017). A Security Framework for the Internet of Things in the Future Internet Architecture. *Future internet*, 9 (3), 27. <https://doi.org/10.3390/fi9030027>
 108. Lorenz, R., Lorentzen, K., Stricker, N., & Lanza, G. (2018). Applying User Stories for a customer-driven Industry 4.0 Transformation. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 1335–1340. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.345>
 109. Lu, R., Zhu, H., Liu, X., Liu, JK, & Shao, J. (2014). Toward efficient and privacy-preserving computing in big data era, 28 (4), 46–50. <https://doi.org/10.1109/MNET.2014.6863131>
 110. Mack, O., Khare, A., Krämer, A., & Burgartz, T. (Ed.). (2016). *Managing in a VUCA World*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-16889-0>
 111. Madsen, D. Ø. (2019). The Emergence and Rise of Industry 4.0 Viewed through the Lens of Management Fashion Theory. *Administrative Sciences* , 9 (3), 71. <https://doi.org/10.3390/admsci9030071>
 112. Mahmood, Z., Basharat, M., & Bashir, Z. (2012). *Review of Classical Management Theories*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Review-of-Classical-Management-Theories-Mahmood-Basharat/4be9b5fa6518a2d8641d44e6c12793ac555969e5>
 113. Majiwala, H., & Kant, R. (2023). Bibliografický přehled desetiletého výzkumu průmyslu 4.0 a řízení dodavatelského řetězce. *Materials Today: Proceedings* , 72 , 824–833. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.09.058>
 114. Majumdar, A., Garg, H., & Jain, R. (2021). Managing the barriers of Industry 4.0 adoption and implementation in textile and clothing industry: Interpretive structural model and triple helix framework. *Computers in Industry*, 125, 103372. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103372>
 115. Maple, C., Szpruch, L., Epiphaniou, G., Staykova, K., Singh, S., Penwarden, W., Wen, Y., Wang, Z., Hariharan, J., & Avramovic, P. (2023). *The AI Revolution: Opportunities and Challenges for the Finance Sector* (Verze 1). arXiv. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2308.16538>
 116. Mason, A., Haidegger, T., & Alvseike, O. (2023). Time for Change: The Case of Robotic Food Processing [Industry Activities]. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 30(2), 116–122. <https://doi.org/10.1109/MRA.2023.3266932>
 117. McBride, S., & Wiseman, J. (Ed.). (2000). *Globalisation and its Discontents*. Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1057/9780333981610>

118. Mehrpouya, M., Dehghanghadikolaei, A., Fotovvati, B., Vosooghnia, A., Emamian, SS, & Gisario, A. (2019). The Potential of Additive Manufacturing in the Smart Factory Industrial 4.0: A Review. *Applied Sciences*, 9 (18), 3865. <https://doi.org/10.3390/app9183865>
119. Milenović, Ž. (2011). PRIMENA MAN-VITNIJEVOG U TESTA U ISTRAŽIVANJIMA PROFESIONALNOG USAVRŠAVANJA NASTAVNIKA OSNOVNE ŠKOLE. *Metodički obzori*/ 6 (1), 73–79. <https://doi.org/10.32728/mo.06.1.2011.06>
120. Mistry, H. K., Mavani, C., Goswami, A., & Patel, R. (2024). The Impact Of Cloud Computing And Ai On Industry Dynamics And Competition. *Educational Administration: Theory and Practice*, 30(7), Article 7. <https://doi.org/10.53555/kuvey.v30i7.6851>
121. Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D., & Wuest, T. (2018). A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). *Journal of Manufacturing Systems*, 49, 194–214. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.005>
122. Mohelska, H., & Sokolova, M. (2018). MANAGEMENT APPROACHES FOR INDUSTRY 4.0 – THE ORGANIZATIONAL CULTURE PERSPECTIVE. *Technological and Economic Development of Economy*, 24(6), 2225–2240. <https://doi.org/10.3846/tede.2018.6397>
123. Morya, K. a Shankar, A. (2020). „Is intense competition the reason for the decline in the performance of the mobile phone industry in India?“ *International Journal of Research in Business Studies*, 5(1). S. 83-102. (Morya, KK, Shankar, A., 2020). *International Journal of Business Studies*, 5, 83–102.
124. Moura, R., Richetto, M., Luche, D., Tozi, L., & Silva, M. (2022). New Professional Competencies and Skills Learning towards Industry 4.0: Proceedings of the 14th International Conference on Computer Supported Education, 622–630. <https://doi.org/10.5220/0011047300003182>
125. Müller, JM, & Däschle, S. (2018). Business Model Innovation of Industry 4.0 Solution Providers Towards Customer Process Innovation. *Processes*, 6(12), 260. <https://doi.org/10.3390/pr6120260>
126. Müller, J. M., Kiel, D., & Voigt, K.-I. (2018). What Drives the Implementation of Industry 4.0? The Role of Opportunities and Challenges in the Context of Sustainability. *Sustainability*, 10(1), 247. <https://doi.org/10.3390/su10010247>
127. Náglová, Z., Mezera, J., & Plašil, M. (2021). Panorama potravinářského průmyslu 2019. Praha: Ministerstvo zemědělství. 978-80-7434-729-0.
128. Nagy, J., Jámboř, Z., Freund, A., & Dusek, T. (2020). Digitalization in the food industry: Opportunities and impedimental factors. *The Challenges of*

- Analyzing Social and Economic Processes in the 21st Century, 10–18.
<https://doi.org/10.14232/casep21c.1>
129. Nara, E. O. B., Da Costa, M. B., Baierle, I. C., Schaefer, J. L., Benitez, G. B., Do Santos, L. M. A. L., & Benitez, L. B. (2021). Expected impact of industry 4.0 technologies on sustainable development: A study in the context of Brazil's plastic industry. *Sustainable Production and Consumption*, 25, 102–122.
<https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.07.018>
 130. Nunes, ML, Pereira, AC a Alves, AC (2017). Smart products development approaches for Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 13, 1215–1222.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.035>
 131. Oltra-Mestre, MJ, Hargaden, V., Coughlan, P., & Segura-García del Río, B. (2021). Innovation in the Agri-Food sector: Exploiting opportunities for Industry 4.0, 30 (1), 198–210. <https://doi.org/10.1111/caim.12418>
 132. Oluwafemi Clement Adeusi, Yusuf Olalekan Adebayo, Praise Ayomide Ayodele, Tajudeen Tunde Onikoyi, Kayode Blessing Adebayo, & Ibrahim Oyeyemi Adenekan. (2024). IT standardization in cloud computing: Security challenges, benefits, and future directions. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 22(3), 2050–2057. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.22.3.1982>
 133. Ortt, R., Stolwijk, C., & Punter, M. (2020). Implementing Industry 4.0: assessing the curent state. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31 (5), 825–836. <https://doi.org/10.1108/JMTM-07-2020-0284>
 134. Orzes, G., Rauch, E., Bednar, S., & Poklemba, R. (2018). Industry 4.0 Implementation Barriers in Small and Medium Sized Enterprises: A Focus Group Study. 2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 1348–1352.
<https://doi.org/10.1109/IEEM.2018.8607477>
 135. Pavlica. K., (2000) Sociální výzkum, podnik a management. Ekopress. 978-80-861-1925-0
 136. Pejic-Bach, M., Bertonsel, T., Meško, M., & Krstić, Ž. (2020). Text mining of industry 4.0 job advertisements. *International Journal of Information Management* 50, 416–431. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.07.014>
 137. Piccarozzi, M., Aquilani, B., & Gatti, C. (2018). Industry 4.0 in Management Studies: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 10(10), 3821. <https://doi.org/10.3390/su10103821>
 138. Pittaway, L., Robertson, M., Munir, K., Denyer, D., & Neely, A. (2004). Networking and innovation: A systematic review of the evidence. *International Journal of Management Reviews*, 5–6(3–4), 137–168.
<https://doi.org/10.1111/j.1460-8545.2004.00101.x>

139. Potential Risk: Hosting Cloud Services Outside the Country. (b.r.). Peer-Reviewed Journal. Získáno 25. září 2024, z <https://ijarcce.com/papers/potential-risk-hosting-cloud-services-outside-the-country/>
140. Pozzi, R., Rossi, T., & Secchi, R. (2023). Industry 4.0 technologies: Critical success factors for implementation and improvements in manufacturing companies. *Production Planning & Control*, 34(2), 139–158. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1891481>
141. Prifti, L., Knigge, M., Kienegger, H., & Krčmar, H. (2017). A Competency Model for “Industrie 4.0” Employees. *Wirtschaftsinformatik 2017*. Převzato z <https://aisel.aisnet.org/wi2017/track01/paper/4>
142. Priyono, A., Moin, A., & Putri, V. N. A. O. (2020). Identifying Digital Transformation Paths in the Business Model of SMEs during the COVID-19 Pandemic. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(4), 104. <https://doi.org/10.3390/joitmc6040104>
143. Prodi, E., Tassinari, M., Ferrannini, A., & Rubini, L. (2022). Industry 4.0 policy from a sociotechnical perspective: The case of German competence centres. *Technological Forecasting and Social Change*, 175, 121341. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121341>
144. Pugna, I. B., Duțescu, A., & Stănilă, O. G. (2019). Corporate Attitudes towards Big Data and Its Impact on Performance Management: A Qualitative Study. *Sustainability*, 11(3), 684. <https://doi.org/10.3390/su11030684>
145. Rangan, V. K., Chase, L., & Karim, S. (2015, leden 1). The Truth About CSR. *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/2015/01/the-truth-about-csr>
146. Ritzer, G. (2008). *The Blackwell Companion to Globalization*. John Wiley & Sons. 978-11-1925-0722.
147. Robert, M., Giuliani, P., & Gurau, C. (2022). Implementing industry 4.0 real-time performance management systems: the case of Schneider Electric. *Production Planning and Control*, 33 (2–3), 244–260. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1810761>
148. Roberts, B. (2015). The Third Industrial Revolution: Implications for Urban and Regional Planning. Working paper Urban Frontiers , 1.
149. Rodrigues, T. V., Santos Filho, V. H. D., Pontes, J., Resende, L. M. M. D., & Yoshino, R. T. (2021). GOVERNMENT INITIATIVES 4.0: A COMPARISON BETWEEN INDUSTRIAL INNOVATION POLICIES FOR INDUSTRY 4.0. *Revista Gestão e Desenvolvimento*, 18(1), 119–147. <https://doi.org/10.25112/rgd.v18i1.2411>
150. Rokhva, S., Teimourpour, B., & Soltani, A. H. (2024). *Ai in the Food Industry: Utilizing Efficientnetb7 & Transfer Learning for Accurate and Real-Time Food Recognition*. SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4903767>

151. Řezánková, H., (2007) Analýza dat z dotazníkových šetření. Professional Publishing. 978-80-86946-49-8.
152. Soto-Acosta, P., Popa, S., & Martinez-Conesa, I. (2018). Information technology, knowledge management and environmental dynamism as drivers of innovation ambidexterity: a study in SMEs. *Journal of Knowledge Management*, 22(4), 824–849. <https://doi.org/10.1108/JKM-10-2017-0448>
153. Salamanca, CT, Berrah, L., David, P., & Trentesaux, D. (2023). Integration of Ethical Issues in the 4.0 Transition of Internal Logistics Operations (1083, s. 304–316). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24291-5_24
154. Salmi, M. (2021). Additive Manufacturing Processes in Medical Applications. *Materials*, 14 (1), 191. <https://doi.org/10.3390/ma14010191>
155. Sandberg, H., Alnoor, A., & Tiberius, V. (2023). Environmental, social, and governance ratings and financial performance: Evidence from the European food industry. *Business Strategy and the Environment*, 32(4), 2471–2489. <https://doi.org/10.1002/bse.3259>
156. Santoro, G., Vrontis, D., Thrassou, A., & Dezi, L. (2018). The Internet of Things: Building a knowledge management system for open innovation and knowledge management capacity. *Technological Forecasting and Social Change*, 136, 347–354. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.02.034>
157. Santos, K., Loures, E., Piechnicki, F., & Canciglieri, O. (2017). Opportunities Assessment of Product Development Process in Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 11, 1358–1365. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.265>
158. Savastano, M., Amendola, C., & D’Ascenzo, F. (2018). How Digital Transformation is Reshaping the Manufacturing Industry Value Chain: The New Digital Manufacturing Ecosystem Applied to a Case Study from the Food Industry. In R. Lamboglia, A. Cardoni, R. P. Dameri, & D. Mancini (Ed.), *Network, Smart and Open* (Roč. 24, s. 127–142). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62636-9_9
159. Sayem, A., Biswas, P. K., Khan, M. M. A., Romoli, L., & Dalle Mura, M. (2022). Critical Barriers to Industry 4.0 Adoption in Manufacturing Organizations and Their Mitigation Strategies. *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, 6(6), 136. <https://doi.org/10.3390/jmmp6060136>
160. Sengupta, J. (2014). Innovation models (str. 27–62). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-02183-6_2
161. Servida, F., & Casey, E. (2019). IoT forensic challenges and opportunities for digital traces. *Digital Investigation*, 28, S22–S29. <https://doi.org/10.1016/j.diin.2019.01.012>

162. Shafique, K., Khawaja, BA, Sabir, F., Qazi, S., & Mustaqim, M. (2020). Internet of Things (IoT) for Next-Generation Smart Systems: A Review of Current Challenges, Future Trends and Prospects for Emerging 5G-IoT Scenarios. *IEEE Access*, 8, 23022–23040. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2970118>
163. Schmidt, R., Möhring, M., Härting, R.-C., Reichstein, C., Neumaier, P., & Jozinović, P. (2015). Smart products development approaches for Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.035>
164. Schroeder, A., Ziaee Bigdeli, A., Galera Zarco, C., & Baines, T. (2019). Capturing the benefits of industry 4.0: a business network perspective. *Production Planning and Control*, 30 (16), 1305–1321. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1612111>
165. Schumacher, A., Erol, S., & Sihn, W. (2016). A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. *Procedia CIRP*, 52, 161–166. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.040>
166. Sierra-Henao, A., Muñoz-Villamizar, A., Solano-Charris, E., & Santos, J. (2020). Sustainable Development Supported by Industry 4.0: A Bibliometric Analysis (sv. 853, str. 366–376). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-27477-1_28
167. Sikandar, H., Vaicondam, Y., Khan, N., Qureshi, MI a Ullah, A. (2021). Scientific Mapping of Industry 4.0 Research: A Bibliometric Analysis *Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 15 (18), 129. <https://doi.org/10.3991/ijim.v15i18.25535>
168. Sima, V., Gheorghe, IG, Subić, J., & Nancu, D. (2020). Vlivy revoluce Influences of the Industry 4.0 Revolution on the Human Capital Development and Consumer Behavior: A Systematic Review. *Sustainability*, 12 (10), 4035. <https://doi.org/10.3390/su12104035>
169. Sony, M., & Mekoth, N. (2022). Employee adaptability skills for Industry 4.0 success: A road map. *Production & Manufacturing Research*, 10(1), 24–41. <https://doi.org/10.1080/21693277.2022.2035281>
170. Sony, M., & Naik, S. (2020). Critical factors for the successful implementation of Industry 4.0: A review and future research direction. *Production Planning & Control*, 31(10), 799–815. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1691278>
171. Sony, M., & Naik, SS (2019). Ten Lessons for Managers While Implementing Industry 4.0. *IEEE Engineering Management Review*, 47(2), 45–52. <https://doi.org/10.1109/EMR.2019.2913930>
172. Souza, A. S. C. D., & Debs, L. (2023). Identifying Emerging Technologies and Skills Required for Construction 4.0. *Buildings*, 13(10), 2535. <https://doi.org/10.3390/buildings13102535>

173. Spasojevic Brkic, V. K., Veljkovic, Z. A., & Petrovic, A. (2020). Industry 4.0 Technology and Employees Behavior Interaction in Serbian Industrial Companies. In I. L. Nunes (Ed.), *Advances in Human Factors and Systems Interaction* (Roč. 959, s. 94–103). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20040-4_9
174. Steger, M. B. (2010). *Globalization*. Sterling Publishing Company, Inc. 978-14-027-6878-1
175. Stentoft, J., & Rajkumar, C. (2020). The relevance of Industry 4.0 and its relationship with moving manufacturing out, back and staying at home. *International Journal of Production Research*, 58 (10), 2953–2973. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1660823>
176. Stiglitz, J. E. (2017). The overselling of globalization. *Business Economics*, 52(3), 129–137. <https://doi.org/10.1057/s11369-017-0047-z>
177. Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 40, 536–541. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.129>
178. Stojkic, Z., Veza, I., & Bosnjak, I. (2016). A CONCEPT OF INFORMATION SYSTEM IMPLEMENTATION (CRM AND ERP) WITHIN INDUSTRY 4.0. In B. Katalinic (Ed.), *DAAAM Proceedings* (1. vyd., Roč. 1, s. 0912–0919). DAAAM International Vienna. <https://doi.org/10.2507/26th.daaam.proceedings.127>
179. Szabó-Szentgróti, G., Végvári, B., & Varga, J. (2021). Impact of Industry 4.0 and Digitization on Labor Market for 2030 – Verification of Keynes' Prediction. *Sustainability*, 13(14), 7703. <https://doi.org/10.3390/su13147703>
180. Švecová, L., & Veber, J. (2021). *Produkční a provozní management*. Grada Publishing a.s. 978-80-271-1385-9.
181. Taulli, T. (2019). *Artificial Intelligence Basics*. Apress. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-5028-0>
182. Thangam, D., & Sathish, A. (2018). Transforming Indian Industries Through Artificial Intelligence and Robotics in Industry 4.0. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9, 835–845.
183. Tortorella, G., Miorando, R., Caiado, R., Nascimento, D., & Portioli Staudacher, A. (2021). The mediating effect of employees' involvement on the relationship between Industry 4.0 and operational performance improvement. *Total Quality Management & Business Excellence*, 32(1–2), 119–133. <https://doi.org/10.1080/14783363.2018.1532789>
184. Traill, WB, & Meulenbergh, M. (2002). Innovation in the food industry. *Agrobusiness*, 18(1), 1–21. <https://doi.org/10.1002/agr.10002>

185. Trstenjak, M., & Cosic, P. (2017). Process Planning in Industry 4.0 Environment. *Procedia Manufacturing*, 11, 1744–1750. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.303>
186. Türkeş, M. C., Oncioiu, I., Aslam, H. D., Marin-Pantelescu, A., Topor, D. I., & Căpuşneanu, S. (2019). Drivers and Barriers in Using Industry 4.0: A Perspective of SMEs in Romania. *Processes*, 7(3), 153. <https://doi.org/10.3390/pr7030153>
187. Türkeş, M., Oncioiu, I., Aslam, H., Marin-Pantelescu, A., Topor, D., & Căpuşneanu, S. (2019). Drivers and Barriers in Using Industry 4.0: A Perspective of SMEs in Romania. *Processes*, 7 (3), 153. <https://doi.org/10.3390/pr7030153>
188. Váchal, J., & Vochozka, M. (2013). *Podnikové řízení*. Grada. 978-80-247-4642-5.
189. Veile, J. W., Kiel, D., Müller, J. M., & Voigt, K.-I. (2019). Lessons learned from Industry 4.0 implementation in the German manufacturing industry. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(5), 977–997. <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2018-0270>
190. Veber, J. (2009). *Management: Základy, moderní manažerské přístupy, výkonnost a prosperita* (2., aktualiz. vyd). Management Press. 978-80-7261-274-1
191. Voß, FLV a Pawlowski, JM (2019). Digital Readiness Frameworks. V L. Uden, I.-H. Ting & JM Corchado (ed.), *Knowledge Management in Organizations* (sv. 1027, s. 503–514). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-21451-7_43
192. Vrchota, J., & Pech, M. (2019). Readiness of Enterprises in Czech Republic to Implement Industry 4.0: Index of Industry 4.0. *Applied Sciences*, 9(24), 5405. <https://doi.org/10.3390/app9245405>
193. Vrchota, J., Maříková, M., Řehoř, P., Rolínek, L., & Toušek, R. (2020). Human Resources Readiness for Industry 4.0. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(1), 3. <https://doi.org/10.3390/joitmc6010003>
194. Vrchota, J., Pech, M., Rolínek, L., & Bednář, J. (2020). Sustainability Outcomes of Green Processes in Relation to Industry 4.0 in Manufacturing: Systematic Review. *Sustainability*, 12 (15), 5968. <https://doi.org/10.3390/su12155968>
195. Waibel, MW, Steenkamp, LP, Moloko, N., & Oosthuizen, GA (2017). Investigating the Effects of Smart Production Systems on Sustainability Element. *Procedia Manufacturing*, 8, 731–737. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.094>
196. Wang, S., Wang, H., & Wang, J. (2019). Exploring the effects of institutional pressures on the implementation of environmental management

- accounting: Do top management support and perceived benefit work? *Business Strategy and the Environment*, 28(1), 233–243. <https://doi.org/10.1002/bse.2252>
197. Wang, Y., Ma, H.-S., Yang, J.-H., & Wang, K.-S. (2017). Průmysl 4.0: Industry 4.0: a way from mass customization to mass personalization production, 5(4), 311–320. <https://doi.org/10.1007/s40436-017-0204-7>
198. Web of Science. (2024, October 11). Retrieved October 11, 2024, from <https://www.webofscience.com/wos/woscc/analyze-results/688aeef0-a182-4649-95e3-652a3a1ce220-011082376c>
199. Xu, LD, & Duan, L. (2019). Big data for cyber physical systems in industry 4.0: a survey. *Enterprise Information Systems*, 13(2), 148–169. <https://doi.org/10.1080/17517575.2018.1442934>
200. Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B., & Wang, L. (2021). Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing Systems*, 61, 530–535. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>
201. Yang, F., & Gu, S. (2021). Industry 4.0, a revolution that requires technology and national strategies. *Complex & Intelligent Systems*, 7(3), 1311–1325. <https://doi.org/10.1007/s40747-020-00267-9>
202. Yin, R. K. (2007). *Case study research: Design and methods* (3. ed., [Nachdr.]). Sage.0-7619-2553-8.
203. Yin, Y., Steckel, KE, & Li, D. (2018). The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56 (1–2), 848–861. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1403664>
204. Zambon, I., Cecchini, M., Egidi, G., Saporito, MG, & Colantoni, A. (2019). Revolution 4.0: Industry vs. Agriculture in a Future Development for SMEs. *Processes*, 7 (1), 36. <https://doi.org/10.3390/pr7010036>
205. Zawadzki, P., & Żywicki, K. (2016). SMART PRODUCT DESIGN AND PRODUCTION CONTROL FOR EFFECTIVE MASS CUSTOMIZATION IN THE INDUSTRY 4.0 CONCEPT. *Management and Production Engineering Review*, 7(3), 105–112. <https://doi.org/10.1515/mper-2016-0030>
206. Zhang, C., Chen, Y., Chen, H., & Chong, D. (2021). Industry 4.0 and its Implementation: A Review. *Information Systems Frontiers*. <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10153-5>
207. Zheng, T., Ardolino, M., Bacchetti, A., Perona, M., & Zanardini, M. (2019). The impacts of Industry 4.0: a descriptive survey in the Italian manufacturing sector. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31 (5), 1085–1115. <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2018-0269>
208. Zuzák, R. (2012). *Strategický management* (2. vyd). Vysoká škola ekonomie a managementu. 978-80-86730-82-0.