

Implementace prvků Průmyslu 5.0 ve vybraném podniku

Jiří Coufal

Bakalářská práce
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta logistiky a krizového řízení

Ústav logistiky

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Jiří Coufal
Osobní číslo:	L22086
Studijní program:	B1041P040003 Aplikovaná logistika
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Implementace prvků Průmyslu 5.0 ve vybraném podniku

Zásady pro vypracování

- Zpracujte literární rešerši k danému tématu z českých a zahraničních literárních zdrojů.
- Pomocí vhodně zvolených metod proveďte analýzu podniku v kontextu Průmyslu 5.0.
- Na základě výsledků analýzy navrhněte opatření s ohledem na implementaci prvků Průmyslu 5.0.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. ELNGOVAN, Uthayan. *Industry 5.0: the future of industrial economy*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2022. ISBN 978-1-032-04127-8.
2. HASSAN, Muhammad Ali; ZARDARI, Shehnila; FAROOQ, Muhammad Umer; ALANSARI, Marwah. a NAGRO, Shima A. Systematic Analysis of Risks in Industry 5.0 Architecture. Online. *Applied sciences*. 2024, vol. 14. no. 4. ISSN 2076-3417. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app14041466>.
3. LENG, Jiewu; ZHU, Xiaofeng; HUANG, Zhiqiang; LI, Xinqyu; ZHENG, Pai et al. Unlocking the power of industrial artificial intelligence towards Industry 5.0: Insights, pathways, and challenge. Online. *Journal of manufacturing systems*. 2024, vol. 73, no. 4, s. 349-363. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2024.02.010>.
4. MACHADO, Carolina Feliciano a DAVIM, J. P. (ed.). *Industry 5.0: creative and innovative organization*. Cham: Springer, 2023. ISBN 970-3-031-26231-9.
5. MÜLLER, Julian. *Enabling Technologies for Industry 5.0 – Results of a workshop with Europe's technology leaders*. Luxembourg: Publication Office, 2020. ISBN 978-92-76-22048-0.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Kamil Peterek, PhD.**
Ústav logistiky

Datum zadání bakalářské práce: **2. prosince 2024**
Termín odevzdání bakalářské práce: **2. května 2025**

L.S.

prof. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.
děkanka

prof. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.
ředitel ústavu

V Uherském Hradišti dne 2. prosince 2024

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení bakalářské práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou práci – nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá; neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji, že

- jsem na bakalářské práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

V Uherském Hradišti, dne 2. 5. 2025

.....

podpis autora

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zaměřuje na implementaci prvků Průmyslu 5.0 ve výrobním závodě Texglass 2. Průmysl 5.0 představuje nový přístup propojující lidskou kreativitu a rozhodování s pokročilými technologiemi mezi které patří například roboti, umělá inteligence a digitální dvojčata. Důraz je kladen na lidskou centralitu, udržitelnost a odolnost systému. V teoretické části jsou definovány základní pojmy související s Průmyslem 5.0. V praktické části byly na základě analýzy navrženy technologické a organizační změny v souladu s myšlenkami Průmyslu 5.0, které přispívají k efektivnějšímu řízení výroby a lepší spolupráci mezi člověkem a technologií.

Klíčová slova: Průmysl 5.0, robotická automatizace procesů, umělá inteligence, plánování výroby, digitální skladování, lidská centralita, udržitelnost, odolnost, výrobní data

ABSTRACT

This bachelor thesis focuses on the implementation of Industry 5.0 elements in the Texglass 2 production plant. Industry 5.0 represents a new phase of industrialization that combines human creativity and decision making with advanced technologies such as robotics, AI and digital twins. It emphasises human centricity, sustainability and resilience to crises. The theoretical part defines basic concepts related to Industry 5.0. In the practical part, based on the analysis, technological and organisational changes in line with the Industry 5.0 vision have been proposed to contribute to more efficient production management and better collaboration between humans and technology.

Keywords: Industry 5.0, robotic process automation, artificial intelligence, production planning, digital warehousing, human centricity, sustainability, resilience, manufacturing data

Touto cestou bych chtěl nejdříve poděkovat vedoucímu své bakalářské práce panu Mgr. Kamilu Peterkovi, Ph.D. za jeho odborné rady a připomínky, čas, ochotu a trpělivost při psaní této práce.

Dále bych chtěl poděkovat své rodině a mé přítelkyni Tereze Kopecké, Dis. za podporu při studiu a že mi byli oporou při psaní této práce.

OBSAH

ÚVOD.....	11
CÍL A METODIKA ZPRACOVÁNÍ.....	12
I TEORETICKÁ ČÁST	14
1 PRŮMYSLOVÉ REVOLUCE A JEJICH VLIV V PROSTŘEDÍ PODNIKU	15
1.1 PRVNÍ PRŮMYSLOVÁ REVOLUCE - PRŮMYSL 1.0	15
1.2 DRUHÁ PRŮMYSLOVÁ REVOLUCE - PRŮMYSL 2.0.....	16
1.3 TŘETÍ PRŮMYSLOVÁ REVOLUCE - PRŮMYSL 3.0	17
1.4 ČTVRTÁ PRŮMYSLOVÁ REVOLUCE - PRŮMYSL 4.0	18
2 PRŮMYSL 5.0	19
3 ROBOTICKÁ AUTOMATIZACE PROCESŮ A UMĚLÁ INTELIGENCE.....	23
4 POPIS METOD POUŽITÝCH V PRAKTICKÉ ČÁSTI.....	25
4.1 POZOROVÁNÍ.....	25
4.2 SNÍMEK PRACOVNÍHO DNE	25
4.3 VÝZKUMNÉ ROZHOVORY	26
4.4 ANALÝZA DAT.....	26
5 SHRUTÍ TEORETICKÝCH VÝCHODISEK	27
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	28
6 PŘEDSTAVENÍ PODNIKU	29
7 POPIS SOUČASNÉHO STAVU PLÁNOVÁNÍ VÝROBY	31
7.1 MĚSÍČNÍ PLÁN A POŽADAVKY OD REFERENTEK	31
7.2 KONTROLA VSTUPNÍHO MATERIÁLU A POTVRZENÍ POŽADAVKU.....	32
7.3 ZADÁVÁNÍ DO VÝROBY A KONTROLA.....	33
8 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU V KONTEXTU PRŮMYSLU 5.0	36
8.1 PROBLÉM SE SKLADOVÁNÍ MATERIÁLU PRO VÝROBU	36
8.2 PROBLÉM S DOSTUPNOSTÍ DAT Z VÝROBY	37
8.3 PROBLÉM S PŘESNOSTÍ MĚSÍČNÍCH PLÁNŮ	38
8.4 PROBLÉM S PLÁNOVÁNÍM ÚDRŽBY	38
9 ZHODNOCENÍ VÝSTUPŮ ANALÝZY A NÁVRHY OPATŘENÍ PRO ZLEPŠENÍ V KONTEXTU PRŮMYSLU 5.0.....	40
9.1 PROBLÉM SE SKLADOVÁNÍM MATERIÁLU	40
9.2 PROBLÉM S DOSTUPNOSTÍ DAT	41
10 KALKULACE NÁVRHŮ NA ZLEPŠENÍ.....	42

10.1	NÁVRHY NA SLEDOVÁNÍ MATERIÁLU	42
10.2	NÁVRH NA ZLEPŠENÍ DOSTUPNOSTI DAT A IMPLEMENTACI AI.....	46
11	DISKUZE K VÝSTUPŮM NÁVRHŮ	48
	ZÁVĚR.....	50
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	53
	SEZNAM OBRÁZKŮ	56
	SEZNAM TABULEK.....	57
	SEZNAM ROVNIC	58
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	59

ÚVOD

Svět průmyslové výroby prochází v posledních letech zásadní proměnou, která se neomezuje pouze na technologický pokrok v oblasti digitalizace a automatizace. Pátá průmyslová revoluce neboli Průmysl 5.0 přináší nový pohled na fungování výrobních podniků. Průmysl 5.0 se zaměřuje na lidskou centralitu, udržitelnost a schopnost organizací přizpůsobit se rychlým změnám a krizovým situacím. Tento koncept staví člověka do středu výrobního procesu a klade důraz na plnohodnotnou a smysluplnou spolupráci mezi lidmi a technologiemi.

V přechodném období, kdy se využíval Průmysl 4.0, byl charakteristický důraz na konektivitu, sběr dat a automatizaci výrobních operací, kdežto Průmysl 5.0 se snaží vyvážit technologický pokrok s přístupem zaměřeným na člověka. Jeho cílem není nahrazení lidské práce, ale spíše její obohacení prostřednictvím využívání pokročilých nástrojů, jako jsou kolaborativní roboti, digitální dvojčata, umělá inteligence a rozšířená realita. V ideálním světě by vzniklo výrobní prostředí, které je nejen vysoce efektivní a inovativní, ale zároveň bezpečné, inkluzivní a dlouhodobě udržitelné.

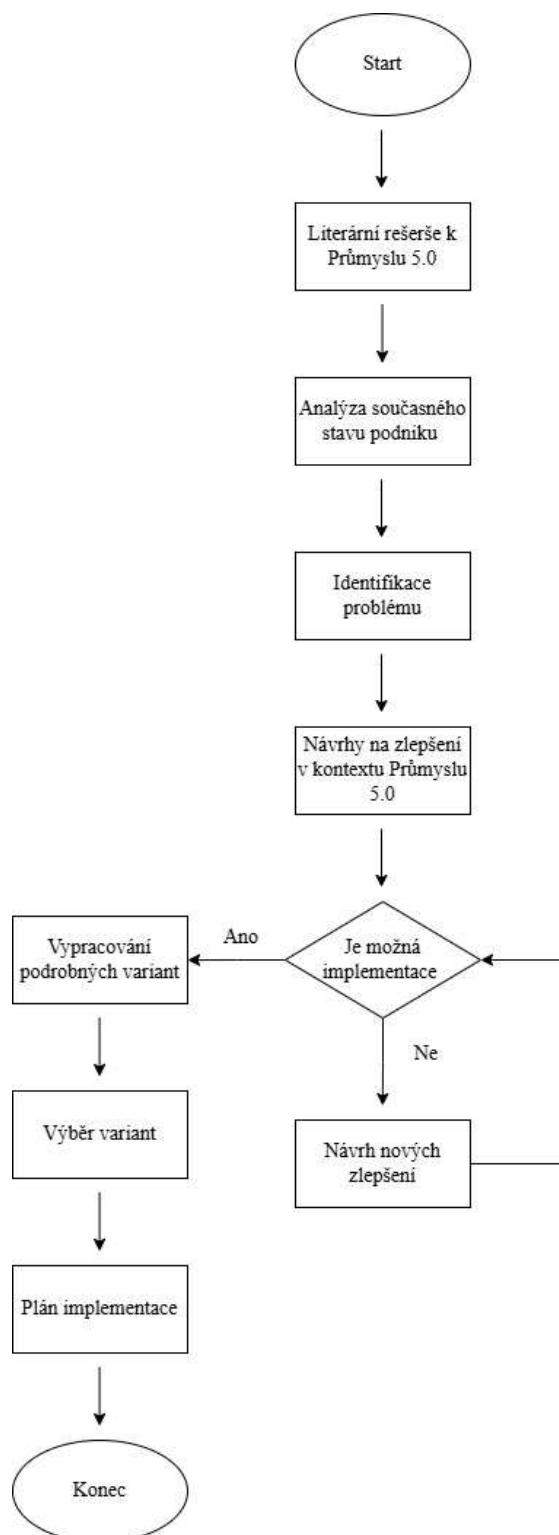
Zavádění prvků Průmyslu 5.0 v českém výrobním prostředí však zůstává výzvou. Mnoho podniků dosud dokončuje implementaci konceptů Průmyslu 4.0 a teprve hledá cestu, jak začlenit nové přístupy do stávajících struktur. Implementace Průmyslu 5.0 často vyžaduje velké změny na organizační, procesní i technologické úrovni.

Tato bakalářská práce se konkrétně zabývá možností implementace vybraných prvků Průmyslu 5.0 do výrobního závodu společnosti Texglass, který se specializuje na produkci technických sklovláknitých textilií. Samotné téma bylo zvoleno dle autorovi obliby v moderních technologiích a jejich využívání v praxi, a i skrze malou prozkoumanost samotného tématu Průmysl 5.0 v České republice. Podnik Texglass byl vybrán na základě autorovi osobní zkušeností s tímto podnikem, což umožňuje detailní pohled do každodenních procesů i identifikaci konkrétních slabých míst.

Zvolená tematika je nejen aktuální, ale má i dlouhodobý přesah, neboť trend digitalizace a zamření na člověka ve výrobě bude v následujících letech i nadále v centru zájmů manažerů podniků. Tato práce proto přináší praktický příspěvek k diskusi o možnostech, limitech a přínosech Průmyslu 5.0 v konkrétním českém podniku.

CÍL A METODIKA ZPRACOVÁNÍ

Cílem práce je navrhnout zlepšení v plánování výroby propojující člověka a technologie podle principů Průmyslu 5.0. Ke splnění toho cíle bylo zapotřebí splnění několika kroků viz Obrázek 1.



Obrázek 1 – Metodika zpracování práce (vlastní zpracování v programu Draw.io)

1. Zpracování literární rešerše zaměřené na Průmysl 5.0 v kontextu vybrané společnosti.

V první části byla provedena literární rešerše z českých a zahraničních odborných článků a knih zaměřená na koncept Průmyslu 5.0. Zdroje teoretických informací byly vybrány na základě klíčových slov s ohledem na co nejmenší stáří knih skrze aktuálnost tématu. Cílem bylo identifikovat základní pojmy, principy a technologie související s touto průmyslovou etapou. Výstupem rešerše byly teoretická východiska s návazností na vybraný podnik, aby bylo možné následně navázat na reálné provozní podmínky a uplatnit získané poznatky v praktické části.

2. Analýza současného stavu podniku.

Další část byla zaměřena na pochopení a analýzu současného stavu ve vybraném podniku Texglass, konkrétně v oblasti plánování výroby sklovláknitých netkaných tapet. Ke sběru dat byla použita kombinace metod.

Prvně byla provedena empirická analýza, tj. pozorování daného plánovače, aby bylo možné pochopení základních principů a procesů plánování výroby. Následně proběhla analýza pomocí snímku pracovního dne, při které byly sbírány časové údaje o délce vykonávaných činnostech. Poté proběhl výzkumný rozhovor pro hlubší pochopení a ujasnění souvislostí mezi údaji, které byly poté analyzovány, očištěny, vytřízeny a zpracovány pro vytvoření celistvého pohledu na proces plánování.

3. Identifikace problému.

Na základě analytické části byla určena konkrétní oblast v procesu plánování, ve které podnik čelí provozním problémům, neefektivitám nebo bariérám bránícím dalšímu rozvoji v duchu Průmyslu 5.0. Identifikace problému byla založena na základě dat, výsledků pozorování a rozhovorů, a zároveň propojena s principy Průmyslu 5.0. Pro každý z problémů byla určena jeho příčina a proběhl výběr nejzávažnějších problémů.

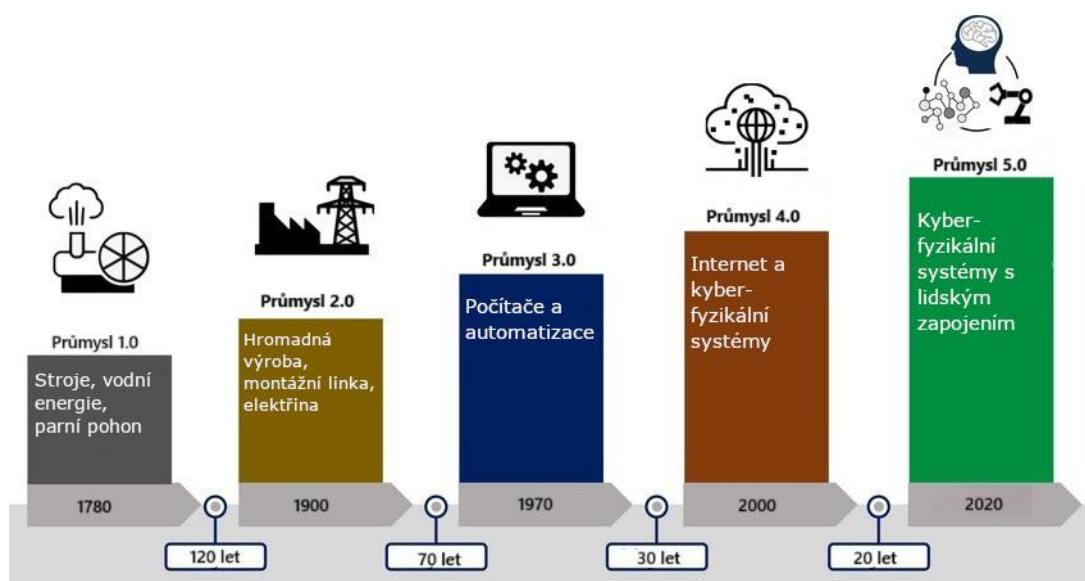
4. Navrhnout varianty na zlepšení v kontextu Průmyslu 5.0.

Posledním částí bylo navržení jednotlivých variant řešení, pro zlepšení situace s ohledem na myšlenky Průmyslu 5.0. Opatření byla navržena tak, aby byly realistická jak z hlediska technických, tak finančních možností podniku a splňovali cíl práce.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PRŮMYSLOVÉ REVOLUCE A JEJICH VLIV V PROSTŘEDÍ PODNIKU

Svět se neustále měnil v proběhu dějin a s ním i způsob, jakým lidé pracovali a jak fungovaly podniky. V historii nastalo několik období, během kterých se tempo těchto změn výrazně zrychlilo viz obrázek 2. Těmto obdobím se říká průmyslové revoluce nebo také Průmysl a číselné označení dle pořadí. Každá z nich přinesla nové pohledy na práci, výrobu i organizaci firem.



Obrázek 2 – Průběh průmyslových revolucí (upraveno dle Chen et al., 2021)

1.1 První průmyslová revoluce - Průmysl 1.0

První průmyslová revoluce, probíhající mezi lety 1760 až 1840, přinesla zásadní změny do podnikového prostředí. Zásluhou přechodu z ruční výroby na mechanizovanou výrobu, pomocí parních strojů, vznikly první továrny, čímž se změnil způsob organizace práce i struktura výrobních podniků. Tyto změny vedly k centralizaci výroby a k přechodu z řemeslné výroby na sériovou produkci. Výrobní podniky začaly výrazněji využívat lidské zdroje, a to především levnou pracovní sílu žen a dětí. Tímto došlo ke snížení nákladů a zvýšení zisku, ale také ke zhoršení pracovních podmínek. (Mohajan, 2019)

Vliv na podniky byl rovněž patrný v oblasti logistiky a zásobování. Díky rozvoji železnic, parních lodí a kanalizačních systémů se zrychlil pohyb surovin a hotových výrobků, což umožnilo expanzi trhu. Firmy začaly působit ve větších oblastech než jen v místě svého působení a bylo nutné začít efektivněji plánovat zásoby a výrobu. To si vyžádalo nové dovednosti v řízení výroby a logistiky. (Mohajan, 2019)

Zavedení nových technologií, jako je spinning jenny, parní stroj nebo mechanický tkalcovský stav, vedlo k automatizaci výroby a zvýšení produktivity. Firmy se začaly orientovat na investice do strojů místo do lidské práce, což znamenalo snížení potřeby kvalifikovaných pracovníků a vznik nové třídy dělníků. Podniky byly nuceny adaptovat se na nový rytmus výroby, kde klíčovou roli hrála rychlost, objem a efektivita. (EIngovan, 2022)

První průmyslová revoluce rovněž přinesla potřebu nového přístupu k financování. Vznikly nové bankovní instituce a burzy, které poskytovaly kapitál pro vznik a rozvoj továren. V důsledku toho se objevila nová třída podnikatelů, tzv. průmysloví kapitalisté, kteří byli hybnou silou změn v podnikatelském prostředí. Ekonomika se začala orientovat na zisk a hromadění kapitálu, což vytvořilo základy pro moderní podnikání. (Mohajan, 2019)

Dalším významným aspektem vlivu první průmyslové revoluce na podnikové prostředí byl rozvoj urbanizace a migrace pracovních sil. Přejít od zemědělské výroby k průmyslové způsobil masivní přesun obyvatelstva z venkova do měst, kde vznikala nová pracovní místa v továrnách. Tím se změnila nejen demografická struktura, ale i podnikové strategie. Podniky musely reagovat na rostoucí poptávku po ubytování, dopravě a sociálních službách pro zaměstnance. Tento vývoj vedl k růstu měst, zvyšování spotřeby a postupnému vytváření spotřebitelsky orientované společnosti, čímž se otevřely nové možnosti pro expanzi podnikání. (EIngovan, 2022)

1.2 Druhá průmyslová revoluce - Průmysl 2.0

Druhá průmyslová revoluce, probíhající mezi 1860–1914, znamenala zásadní posun v organizaci podniků díky masovému zavádění elektřiny, spalovacího motoru, výroby oceli a chemického průmyslu. Tyto technologie umožnily podnikům zvýšit efektivitu, zavést nové výrobní linky a standardizovat výrobu. Významným přínosem bylo využití elektřiny k provozu strojů, osvětlení a třísměnnému provozu, čímž se výrazně zvýšila produktivita a kapacita výroby. (EIngovan, 2022)

Podniky začaly využívat montážní linky s výměnnými díly, což vedlo ke zefektivnění výroby složitých produktů, zejména v automobilovém průmyslu. Docházelo ke spojování firem, ke vzniku velkých průmyslových konglomerátů a rozvoji korporátního řízení. Elektrická energie a spalovací motory umožnily také vznik nových typů strojů a zařízení, které snížily závislost na manuální práci. (EIngovan, 2022)

Na straně zaměstnanců přinesla revoluce jak nové pracovní příležitosti, tak i obtížné podmínky: dlouhou pracovní dobu, nízké mzdy a nebezpečné prostředí. To vyvolalo růst dělnického hnutí a zakládání odborů. Tlak na efektivitu vedl ke vzniku modelu štíhlé výroby, principu just in time a důrazu na kvalitu. Tyto změny položily základy moderního průmyslového managementu. (Mohajan, 2020)

Zásadní byl i dopad na podnikové prostředí z hlediska globalizace. Podniky začaly vyvážet své výrobky, došlo ke zrychlení obchodu díky rozvoji železnic a parních lodí. Zlepšená komunikace prostřednictvím telegrafu a telefonu urychlila rozhodovací procesy v managementu a podpořila vznik nových obchodních modelů. (Mohajan, 2020)

1.3 Třetí průmyslová revoluce - Průmysl 3.0

Třetí průmyslová revoluce, známá také jako digitální revoluce, přinesla zásadní proměnu podnikatelského prostředí. Začala v 50. letech 20. století nástupem elektroniky, počítačů, informačních technologií a automatizace. Podniky začaly zavádět počítačem řízené stroje, které pomohli zrychlení výroby, zvýšení efektivity a přesnosti. Tato etapa znamenala přechod od analogových systémů k digitálním a změně nastavených procesů. (Mohajan, 2021)

Zavedení systémů jako CAD, CAM, CIM, ERP či SCADA umožnilo podnikům detailně plánovat, sledovat a optimalizovat výrobní cykly. Díky integraci elektronických zařízení a IT se zvýšila kontrola nad zásobovacími řetězci a výrobními procesy. Průmysl 3.0 podpořil globalizaci výroby a umožnil podnikům rychle reagovat na změny poptávky a trhu. Výsledkem bylo prostředí orientované na minimalizaci prostojů a maximalizaci kvality. (Elngovan, 2022)

Významným prvkem byl nástup automatizace pomocí programovatelných logických automatů neboli PLC, které nahradily lidskou práci při opakujících se činnostech a zajišťovaly konzistentní kvalitu. Došlo tak k přerozdělení lidských zdrojů na kvalifikovanější činnosti, čímž se měnilo pracovní prostředí i požadavky na dovednosti zaměstnanců. Díky pružnější a personalizovanější výrobě se posílila konkurenceschopnost podniků. (Elngovan, 2022)

Třetí revoluce také přinesla rozvoj robotiky, která výrazně ovlivnila nejen produktivitu, ale i bezpečnost a ergonomii práce. Významným aspektem bylo i zavedení ekologičtějších technologií a zaměření na efektivní využívání zdrojů. Podniky se začaly

zaměřovat a reagovat na rostoucí environmentální výzvy. Revoluce tak nejen zvyšovala výkonnost podniků, ale také kladla základy pro udržitelný rozvoj. (Mohajan, 2021)

1.4 Čtvrtá průmyslová revoluce - Průmysl 4.0

Průmysl 4.0 označuje čtvrtou průmyslovou revoluci, která je charakterizována digitalizací, automatizací a propojením výrobních systémů pomocí technologií, jako jsou kyber-fyzikální systémy, internet věcí, tj. IoT, umělá inteligence a analýza velkých dat. V podnicích to znamená přechod od tradičních hierarchických struktur k inteligentním, autonomním výrobním jednotkám schopným samostatného rozhodování. Tento posun vede k zásadní proměně organizace práce, způsobu řízení a kultury v podniku. (Xu et al., 2021)

Vliv Průmyslu 4.0 na prostředí v podniku se projevuje zejména v integraci vertikálních i horizontálních struktur, tj. propojení různých úrovní výrobního procesu od výrobní haly až po ERP systémy a zároveň napříč dodavatelským řetězcem. Tato integrace podporuje plynulost a transparentnost informací, čímž zvyšuje efektivitu, snižuje náklady a umožňuje rychlejší rozhodování na základě dat. Firmy se tak stávají flexibilnějšími a lépe reagují na proměnlivé tržní požadavky. (Suleiman et al., 2022)

Dalším významným aspektem je přechod k inteligentní výrobě, tj. smart factory, kde je každé zařízení schopno samostatné komunikace a optimalizace svého výkonu. To umožňuje větší míru personalizace produktů při zachování efektivity hromadné výroby. Současně se v organizacích mění role zaměstnanců od manuálních operátorů k operátorům rozhodovacím, kteří pracují se systémy a přispívají ke zlepšování procesů. (Elnagwan, 2022)

Zavedení konceptu Průmyslu 4.0 také vytváří tlak na změnu dovedností pracovníků a podporu neustálého učení. Organizace musí investovat do školení, přenastavení pracovních pozic a zároveň do posílení spolupráce mezi odděleními. Zvyšuje se význam datově řízeného rozhodování a potřeba nových přístupů k řízení projektů, jako jsou agilní metody nebo lean přístup. (Suleiman et al., 2022)

Závěrem lze říci, že Průmysl 4.0 mění podnikové prostředí od technologií a procesů až po organizační strukturu a firemní kulturu. Přináší vyšší produktivitu, flexibilitu a kvalitu, ale zároveň vyžaduje zásadní změny v řízení, lidských zdrojích a přístupu ke změnám. Úspěšné podniky jsou ty, které zvládnou tuto digitální transformaci jako strategický a komplexní proces. (Xu et al., 2021)

2 PRŮMYSL 5.0

Průmysl 5.0 představuje novou etapu průmyslové revoluce, která rozšiřuje myšlenky a koncept Průmyslu 4.0 a klade důraz na užší spolupráci mezi lidmi a technologiemi. Zatímco Průmysl 4.0 se soustředil na automatizaci, digitalizaci a propojení inteligentních systémů, Průmysl 5.0 klade důraz na propojení lidské kreativity, intuice a rozhodovacích schopností s pokročilou robotikou a umělou inteligencí. Cílem je vytvořit harmonické pracovní prostředí, kde lidé a stroje spolupracují na zvýšení efektivity, bezpečnosti a udržitelnosti výroby. (Elngovan, 2022)

Průmysl 5.0 doplňuje technologický pokrok o širší společenský rozměr se zaměřením na roli člověka ve výrobním procesu a na dlouhodobou udržitelnost. Průmysl 4.0 ukázal, že nelze člověka nikdy nahradit a je důležité, aby v centru všeho dění nebyli technologie ovládající člověka, ale člověk využívající veškeré dovednosti technologií. (Breque et al., 2021)

Dle Breque et al. (2021) jsou stanoveny tři základní principy neboli pilíře Průmyslu 5.0 a to lidská centralita, udržitelnost a odolnost.



Obrázek 3 – Tři základní pilíře Průmyslu 5.0 (upraveno dle Breque et al., 2021)

Lidská centralita znamená, že nové technologie by měly být navrhovány s cílem sloužit lidem, a ne aby lidé sloužili technologiím. Pracovníci nejsou považováni pouze za nutný

náklad, ale za důležitou součást rozvoje organizace. Důraz je kladen na ergonomii, pracovní podmínky, bezpečnost a celkovou pohodu zaměstnanců. To zahrnuje například spolupráci mezi lidmi a chytrými technologiemi a roboty, kteří přebírají monotónní a fyzicky náročné úkoly, zatímco lidé se soustředí na kreativní a rozhodovací činnosti. (Breque et al., 2021)

Druhým pilířem je udržitelnost. Průmysl 5.0 podporuje přechod na cirkulární ekonomiku, snižování spotřeby přírodních zdrojů a minimalizaci odpadu. Technologie jako umělá inteligence a aditivní výroba mohou přispět k efektivnějšímu využívání materiálů a zmenšení uhlíkové a výrobní stopy v celém ekosystému. Například Evropská unie v této oblasti klade důraz na přechod k zelenější výrobě, která respektuje přírodní limity planety. (Breque et al., 2021)

Třetím neboli posledním pilířem Průmyslu 5.0 je odolnost. Tento pilíř je zaměřen na zlepšení schopnosti průmyslu reagovat na krizové situace, jako jsou pandemie, geopolitické změny nebo přírodní katastrofy. Důležitou součástí je rozdělení a pojištění dodavatelských řetězců, flexibilita ve výrobě a využití pokročilých digitálních technologií k monitorování a optimalizaci výrobních procesů. Pandemie COVID-19 ukázala zranitelnost globálních výrobních sítí, což vedlo k hledání strategií pro posílení lokální výroby a zajištění kritických dodávek v krizových obdobích. (Breque et al., 2021)

Průmyslu 5.0 přebírá technologie z přechodí éry Průmyslu 4.0. Tyto technologie představují komplexní systém, který propojuje člověka, stroje a digitální prostředí se zaměřením na lidské a společenské hodnoty. Hlavní oblastí jsou technologie přímo přizpůsobené pro interakci člověk se strojem, jako jsou kolaborativní roboti, rozšířená a virtuální realita, digitální dvojčata, exoskelety či technologie pro rozpoznávání gest a řeči. Tyto technologie podporují fyzické i kognitivní schopnosti pracovníků a umožňují bezpečnější a ergonomičtější pracovní prostředí. (Müller, 2020)

Jedním z klíčových prvků Průmyslu 5.0 je rozšířené využití kolaborativních robotů neboli cobotů. Tyto stroje jsou navrženy tak, aby dokázali efektivně spolupracovat s lidmi, přizpůsobovat se jejich potřebám a umožňovat flexibilnější výrobu. Díky pokročilým senzorům a strojovému vidění dokážou coboty reagovat na pohyby pracovníků a učit se od pracovníku. Tímto učením zvyšují bezpečnost na pracovišti a zároveň zlepšují produktivitu, jelikož není nutné složité nastavování jen podle počítače. Na rozdíl od tradičních průmyslových robotů, kteří ve většině případů pracují odděleně od pracovníka, se coboty vyznačují schopností spolupráce a snadné adaptace na různé úkoly. (Elnigovan, 2022)

Dalším důležitým prvkem Průmyslu 5.0 je větší míra zapojení a využívání digitálních dvojčat. Digitální dvojče představuje virtuální repliku fyzického objektu, systému nebo procesu, díky které jsou umožněny různé simulace, analýzy a optimalizace v reálném čase bez dopadu na reálnou výrobu. Tato technologie přináší výhody v oblasti prediktivní údržby, snižování odpadu a efektivnějšího řízení výroby. Propojení digitálních dvojčat s umělou inteligencí umožňuje lepší predikci poruch, optimalizaci výrobních procesů a snížení nákladů. (Elnovan, 2022)

Další důležitou technologií jsou bio-inspirované technologie a chytré materiály. Tyto materiály jsou lehké, recyklovatelné a mohou být vyráběny i z odpadu. Často obsahují vestavěné biosenzory, adaptivní ergonomii a sledovatelnost původu. Integrace živých materiálů přispívá k ekologické udržitelnosti a adaptivnosti prostředí. (Müller, 2020)

Tím že Průmysl 4.0, potažmo Průmysl 5.0 staví hlavně na digitálních technologiích vznikají zde nová rizika, které je potřeba řešit. Jedním z hlavních rizik jsou kybernetické hrozby. S rostoucím propojením zařízení a systémů přes internet a jiné sítě se zvyšuje zranitelnost vůči útokům hackerů. Díky tomu může docházet k úniku citlivých dat, neoprávněnému přístupu k výrobním systémům nebo i manipulaci s algoritmy umělé inteligence zapojené ve výrobě. Zabezpečení sítí a systémů je proto klíčovou výzvou v prostředí Průmyslu 5.0. (Hassan et al., 2024)

Další oblastí rizika je samotná implementace a provoz nových technologií. Zapojení moderních systémů do stávající infrastruktury může být náročné, zejména kvůli nekompatibilitě softwaru a hardwaru, vysokým nákladům nebo dočasnému snížení efektivity výroby během přechodu. Nedostatečná připravenost na tyto změny může vést k provozním výpadkům. (Hassan et al., 2024)

Neopomenutelnou součástí jsou také rizika spojená s lidským faktorem. Průmysl 5.0 vyžaduje nové dovednosti, což klade nároky na průběžné vzdělávání pracovníků. Nepatří sem pouze technické znalosti, ale i ochota se učit novým možnostem. Nedostatek kvalifikovaných odborníků nebo i samotných pracovníků, odpor ke změnám či obavy ze ztráty zaměstnání mohou zpomalit nebo dokonce zcela zablokovat úspěšné zavedení inovací. Spolupráce mezi lidmi a stroji přináší i nová bezpečnostní rizika. Nesprávná konfigurace cobotů může vést k fyzickému ohrožení člověka. (Hassan et al., 2024)

V neposlední řadě se Průmysl 5.0 musí vyrovnat s riziky v oblasti udržitelnosti a etiky. Ačkoliv je jeho cílem ekologicky a udržitelná výroba, při nevhodném nasazení technologií

může docházet k plýtvání zdroji. Etické dilema se může týkat i sběru a využívání dat nebo automatizace rozhodovacích procesů, jelikož rozhodovací pravomoci svěřené umělé inteligenci vyvolávají otázky ohledně odpovědnosti a kontroly. Důležité je také řešit otázky soukromí a ochrany dat jak uživatelů, tak i firem. (Hassan et al., 2024)

Aby mohlo dojít k hladkému přijetí Průmyslu 5.0 a snížení rizik, tak jsou potřeba nové dovednosti pracovníků či jejich rekvalifikace. Tradiční vzdělávací systémy často nedokážou držet krok s rychlým technologickým pokrokem, což vytváří mezeru mezi požadavky trhu práce a dostupnými dovednostmi nových i stávajících pracovníků. (Breque et al., 2021)

Vzdělávání v rámci Průmyslu 5.0 představuje zásadní posun směrem k polidštění technologického pokroku a propojení inovací se společenskými hodnotami. V tomto kontextu vznikají nové modely vzdělávání, známé jako Univerzita 5.0 a Vzdělávání 5.0, které podporují interdisciplinaritu a rozvoj digitálních a zelených dovedností. Univerzity již nejsou pouze centrem výuky a výzkumu, ale stávají se aktivními účastníky v inovačních procesech. Digitální transformace a koncepty jakožto Průmysl 5.0 ukazují, že technologie mají sloužit lidem a planetě. Proto se vzdělávání musí přizpůsobit potřebám Společnosti 5.0 tj. vzdělávání musí být chytré, udržitelné a orientované na člověka. Výuka by měla být flexibilní, přístupná všem generacím, využívat umělou inteligenci a nové technologie ve prospěch občanů. Univerzity tak mohou fungovat jako místo pro spoluvytváření inovací, které reagují na společenské výzvy a zároveň chrání akademickou svobodu. (Machado a Davim, 2023)

3 ROBOTICKÁ AUTOMATIZACE PROCESŮ A UMĚLÁ INTELIGENCE

Robotic Process Automation (RPA) je technologie, která slouží k automatizaci opakujících se a rutinních úkolů pomocí softwarových robotů. Tito roboti simulují lidské chování při práci s aplikacemi, mezi které patří například zadávání dat, kopírování informací, vyplňování formulářů nebo zpracování e-mailů. Hlavními výhodami RPA jsou zvýšení rychlosti v rámci opakujících se monotónních prací a snížení chybovosti díky odstranění nutnosti lidského zásahu. RPA nelze považovat za umělou inteligenci neboli AI, jelikož se jedná o pouhou automatizaci procesů. RPA ovšem dokáže s AI spolupracovat a vytvářet automatizované systémy. (Ribeiro et al., 2021)

Umělá inteligence zkráceně AI je software, který může vykazovat inteligentní chování podobné lidskému. AI v dnešní době představuje již samotný obor informatiky a vyvíjí se již několik desetiletí a zahrnuje širokou škálu technologií, včetně strojového učení, neuronových sítí a hlubokého učení. Historie AI sahá až do 50. let 20. století, kdy Alan Turing položil základy myšlenky strojového učení. Jím vyvinutý Turingův test se stal klíčovým ukazatelem pro posuzování schopnosti strojů vykazovat inteligentní chování. První praktické aplikace AI se objevily v 60. a 70. letech, kdy byly vyvinuty expertní systémy, které pomáhaly při rozhodování v medicíně a chemii. V 80. letech se AI rozvíjela díky pokrokům v neuronových sítích a v 90. letech se začaly využívat techniky hlubokého učení. (Ahmed, 2024)

Dnes se AI dělí na dva hlavní typy: úzkou neboli narrow AI a obecnou neboli general AI. Úzká AI je navržena pro konkrétní úkoly, mezi které patří například rozpoznávání obrazu nebo překlad textu. Obecná AI, která se nyní vyvíjí, by měla mít schopnost samostatného myšlení a adaptace na různé problémy, ale zatím se jedná spíše o vizi budoucnosti než skutečnost. Mezi klíčové oblasti AI patří strojové učení (machine learning), hluboké učení (deep learning) a neuronové sítě (neural networks), které umožňují analýzu velkých objemů dat a jejich využití pro predikci či automatizaci úkolů. (Du-Harpur et al., 2020)

Strojové učení umožňuje AI systémům se učit a zlepšovat svou výkonnost na základě dat, aniž by byly přímo těmito daty naprogramovány. Hluboké učení, které je podmnožinou strojového učení, využívá vícevrstvé neuronové sítě ke zpracování obrovských množství dat a odhalování složitých vzorců. Neuronové sítě jsou podobné lidskému mozku, jelikož každý neuron v lidském mozku je vlastně malý výkonný procesor. Tím že se spojují jednoduché

procesní jednotky neboli neurony vzniká umělá neuronová síť. Tyto umělé neuronové sítě jsou založeny na strojním učení. Pomocí vstupních dat lze tyto sítě učit, co mají dělat, podobně jako lidé se učí ve škole. (Lamb et al., 2023)

S aplikacemi využívajícími umělou inteligenci se setkáváme na každém kroku, a to například prostřednictvím mobilních telefonů, nebo virtuálních asistentů, přičemž si často tuto skutečnost ani neuvědomujeme. V rámci průmyslové výroby lze používat virtuální asistenty neboli program nebo zařízení, které umí poslouchat a rozumět lidské řeči. Tito asistenti pomáhají s různými úkoly jakož to například hledání informací na internetu, přehrávání hudby nebo nastavování budíku. Jednodušší asistenti fungují jako chatboti, zatímco pokročilejší verze mohou zpracovávat složitá data a vytvářet různé predikce. Většina těchto asistentů pracuje přes internet a díky tomu se neustále zlepšují, aby dokázali přesněji a rychleji vyhledávat a zpracovávat data. (Lamb et al., 2023)

Implementace umělé inteligence do organizací přináší řadu výhod, ale zároveň s sebou nese i různá rizika, která je třeba pečlivě zvážit. Jedním z hlavních rizik jsou etické a právní nejasnosti, zejména v oblastech, kde AI rozhoduje o lidech, například při náboru zaměstnanců, schvalování úvěrů nebo hodnocení výkonnosti. V takových případech může docházet k diskriminaci, nesprávnému výběru nebo porušení soukromí, a to jak úmyslně, tak i neúmyslně. Vše závisí na tom, na jakých datech se umělá inteligence učila a z čeho data čerpá. (Humphreys et al., 2024)

Dalším významným rizikem je ztráta lidské kontroly. V důsledku vysoké míry automatizace mohou zaměstnanci přestat rozumět procesům, které AI řídí, což vede k tzv. „black-box“ efektu, kdy není jasné, jak přesně AI dochází ke svým rozhodnutím. To může být obzvláště problematické v krizových nebo neobvyklých situacích, kdy je důležité mít možnost zasáhnout do vzniklých rozhodnutí. Z pohledu zaměstnanců může implementace AI vést ke ztrátě pracovních míst nebo ke změně jejich charakteru. Automatizace rutinních činností může snižovat potřebu lidské práce, což vytváří tlak na rekvalifikaci a změnu pracovních náplní, jak už i bylo zmíněno v předešlé kapitole. (Humphreys et al., 2024)

Celkově lze ale říci, že umělá inteligence představuje revoluční technologii, která mění způsob, jakým pracujeme a žijeme. Její další vývoj bude záviset na pokroku v oblasti výpočetní techniky, dostupnosti kvalitních dat a etických přístupech k jejímu využití. (Du-Harpur et al., 2020)

4 POPIS METOD POUŽITÝCH V PRAKTICKÉ ČÁSTI

V rámci zpracování praktické části této bakalářské práce bude v této části aplikováno několik vybraných metod, které byly zvoleny na základě jejich relevance k řešené problematice. Jednotlivé metody jsou zde obecně popsány po teoretické stránce skrze lepší pochopení principů těchto metod. V praktické části jsou poté tyto metody implementovány, došlo k naplnění cíle práce.

4.1 Pozorování

Metoda pozorování, patřící mezi metody kvalitativního výzkumu, je technika sběru dat, při které pozorovatel sleduje chování, interakce a situace v přirozeném prostředí bez zásahu do dění. Cílem je zachytit autentické projevy účastníků a porozumět jejich významům z jejich perspektivy. Pozorování může být strukturované, s předem danými kategoriemi, polostrukturované, popřípadě neformální neboli otevřené bez předem připravené struktury. Důležitou roli hraje pozorovatel, který může být buď pasivní pozorovatel, nebo aktivní účastník dění. Při pozorování se často pořizují poznámky, které zachycují nejen důležitá fakta, ale i subjektivní dojmy pozorovatele. Výhodou je možnost zaznamenat i neverbální komunikaci nebo neuvědomované projevy. Mezi omezení patří riziko zkreslení vlivem přítomnosti pozorovatele nebo jeho interpretací zjištěných skutečností. Metoda se často kombinuje s rozhovory pro hlubší porozumění zjištěných dat. (Knechtová et al., c2019)

4.2 Snímek pracovního dne

Snímek pracovního dne je metoda sloužící k analýze a zlepšení organizace práce. Pomocí krátkodobého a systematického pozorování pracovníků v běžném pracovním prostředí se zjišťuje, jaké činnosti vykonávají a kolik času jim věnují. Pozorování probíhá v předem určených časových intervalech a výsledky se zaznamenávají do předem připravených formulářů. Cílem je odhalit neefektivní procesy, nevyužitý čas nebo přetížení zaměstnanců. Na základě nasbíraných dat lze následně navrhnout opatření vedoucí ke zvýšení produktivity, snížení nákladů nebo lepšímu rozvržení pracovního dne. Tato metoda je často využívána v průmyslových podnicích, ale své uplatnění nachází i v administrativě nebo službách. Výhodou je jednoduchost, nenáročnost na techniku a poměrně rychlé získání užitečných informací o pracovním dni. (Opletal, 2023)

4.3 Výzkumné rozhovory

Výzkumné rozhovory patří mezi kvalitativní metodu sběru dat, která se používá především v humanitních a sociálních vědách k získání hlubšího porozumění názorům, zkušenostem a postojům respondentů. Na rozdíl od dotazníků umožňují rozhovory flexibilnější a podrobnější zkoumání dotazovaného tématu. V rámci této metody může výzkumník využít různé typy rozhovorů, a to od strukturovaných s pevně danými otázkami, přes polostrukturované, které umožňují doplňující otázky, až po zcela nestrukturované, které připomínají volnou konverzaci. Rozhovory se často používají v případech, kdy je cílem porozumět individuálním zkušenostem nebo subjektivním významům, například při analýze zákaznického chování, pracovních procesů nebo společenských jevů. Důležitou součástí této metody je nejen samotné vedení rozhovoru, ale i následná transkripce a analýza získaných dat. (George, 2023)

4.4 Analýza dat

Analýza je proces, při kterém jsou informace nebo data systematicky zkoumány, tříděny, interpretovány a vyhodnocovány, aby jim bylo porozuměno, byly v nich objeveny souvislosti, vzorce či trendy a mohly z nich být vyvozeny smysluplné závěry. V akademickém a výzkumném kontextu je analýza považována za klíčovou část celého projektu. Právě díky ní jsou z pouhých dat činěny důkazy, kterými je hypotéza podporována nebo vyvrácena.

Analýza může být prováděna různými způsoby. Kvantitativní analýza je založena na práci s čísly a statistickými metodami, zatímco kvalitativní analýza je zaměřena na významy, postoje či vzorce v textových nebo slovních údajích. Důležitou součástí analýzy je také úprava dat: jsou čištěna, tříděna a validována, protože „špinavá“ data mohou vést ke zkresleným výsledkům. Dobře provedenou analýzou je umožněno hlubší pochopení tématu a výzkum je díky ní posouván kupředu. (Pedada, 2023)

5 SHRNUÍ TEORETICKÝCH VÝCHODISEK

Teoretická část poskytuje ucelený pohled pro pochopení Průmyslu 5.0 a jeho aplikaci v praxi. Pro pochopení Průmyslu 5.0 je taktéž důležitý i historický kontext. První průmyslová revoluce byla charakterizována mechanizací a využitím parního pohonu. Druhá revoluce přinesla elektrifikaci a pásovou výrobu. Třetí etapa představovala automatizaci a informatizaci na základě výpočetní techniky. Čtvrtá průmyslová revoluce, známá jako Průmysl 4.0, zavedla digitální a kyber-fyzikální systémy do výroby a řízení.

Na tuto éru navazuje Průmysl 5.0, který je hlavním teoretickým pilířem této práce. Tento koncept staví na předchozích digitalizačních a automatizačních přístupech, avšak klade důraz na lidskou centralitu, udržitelnost a odolnost vůči krizím. Technologie zde nejsou vnímány jako náhrada člověka, ale jako jeho podpora s cílem je efektivní spolupráce mezi člověkem a strojem.

Klíčové technologie Průmyslu 5.0 zahrnují kolaborativní roboty (coboty), digitální dvojčata, umělou inteligenci (AI), rozšířenou a virtuální realitu (AR/VR), robotickou automatizaci procesů (RPA) a pokročilé systémy sběru dat. Tyto technologie optimalizují výrobní procesy, zohledňují ergonomii a komfort zaměstnanců, podporují rozhodovací procesy a přispívají k efektivnímu řízení výroby. Například coboti přebírají fyzicky náročné úkoly, AI umožňuje plánování a predikci na základě dat, a RPA zrychluje rutinní operace.

Udržitelnost se projevuje v cílech jako je snižování ekologické stopy, efektivní využití zdrojů a přechod na cirkulární ekonomiku. Průmysl 5.0 zároveň reaguje na potřebu odolnosti podniků, a to pomocí decentralizace, pružných dodavatelských řetězců a schopnosti reagovat na krizové situace jako pandemie či geopolitické změny.

Součástí teoretických východisek je i analýza rizik spojených s implementací Průmyslu 5.0 mezi které patří například otázky kybernetické bezpečnosti, přetížení pracovníků, nedostatek kvalifikované pracovní síly a etické dilema spojené s autonomními systémy. Z těchto důvodů je důležité věnovat pozornost vzdělávání zaměstnanců, změně podnikové kultury a strategickému řízení změn.

Na závěr teoretické části, jsou popsány metody, které byly použity v rámci praktické části. Výše zmíněná teoretická východiska jsou dále použita pro analýzu závodu Texglass 2, kde jsou teoretické poznatky využity k identifikaci možností zlepšení v oblastech plánování výroby, digitalizace a spolupráce člověka s technologií.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 PŘEDSTAVENÍ PODNIKU

Data pro praktickou část byly získány z podniku, který ovšem skrze zachování dobrého obchodního jména nechce být přímo zmiňován. Tento podnik se bude dále nazývat jako Texglass.

Texglass je součástí nadnárodní skupiny, která se zabývá výrobou stavebních materiálů a řešeními pro průmysl. Samotná společnost Texglass se zabývá vývojem, výrobou a distribucí technických sklovláknitých látek potažmo sklovláknitých mřížek, netkaných textilií a dalších materiálů, které nalézají uplatnění ve stavebnictví, automobilovém průmyslu a dalších technických oborech. Podnik Texglass má několik výrobních závodů.

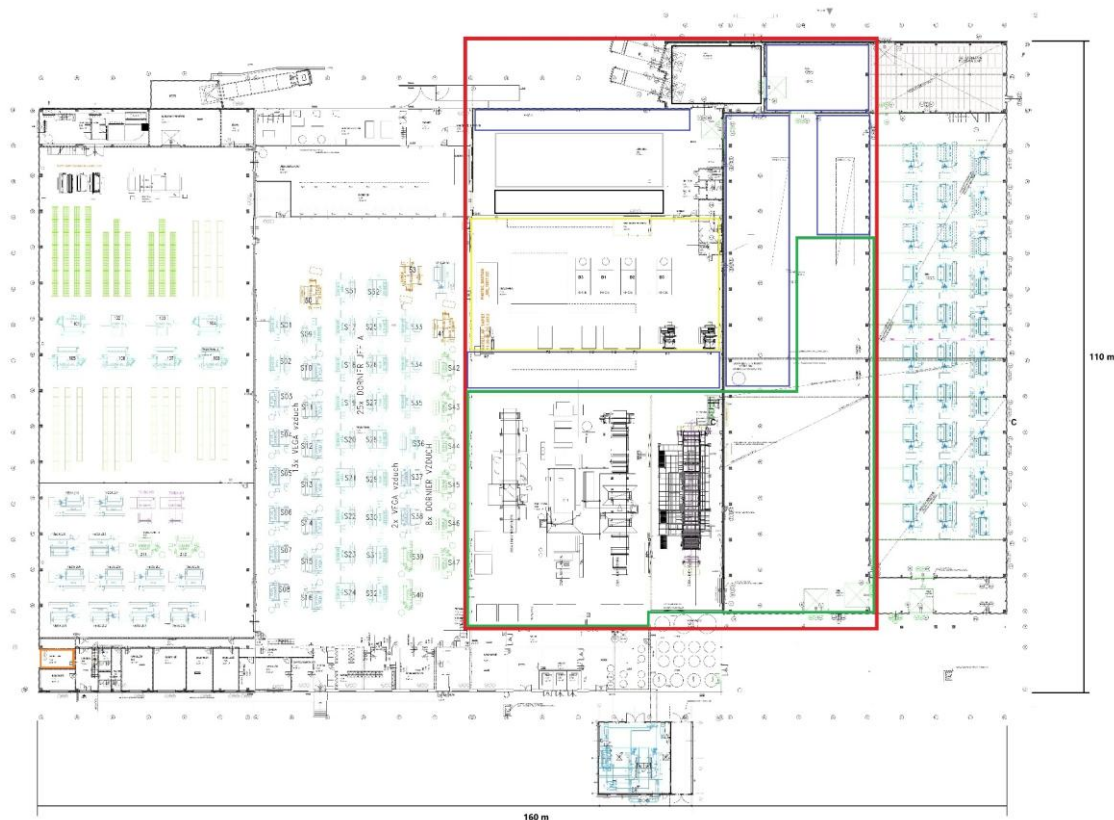
Jak už bylo výše zmíněno, podnik vyrábí technické sklovláknité tkaniny, mezi které patří například perlinky, používané při zateplování budov a sklovláknité netkané tapety pro vnitřní použití. Další části práce se budou převážně zabírat procesem plánování výroby sklovláknitých netkaných tapet ve výrobní závodě Texglass 2.

Tento závod se skládá z budovy závodu a skladu viz Obrázek 4.



Obrázek 4 – Výkres výrobního závodu Texglass 2 (podklad Mapy.cz, upraveno)

Tato budova je rozdělena na několik částí, kdy pro účely této práce je nejdůležitější část, která je vyznačena červeně a kancelář plánovače výroby, označena oranžově viz Obrázek 5.



Obrázek 5 – Plán výrobního závodu Texglass 2 (interní dokument, upraveno)

Tato červená část viz Obrázek 5 neboli hala VUH je rozdělena:

- Zelené vyznačení = 4 upravárenské linky,
- Žluté vyznačení = formátovací stroje,
- Modré vyznačení = skladovací prostory velkonábalů,
- Fialové vyznačení = paletový regál s polotovary,
- Černé vyznačení = skladovací prostory pro vstupní materiál,
- Šedé vyznačení = skladovací prostor pro expedici.

Přidružený sklad nacházející se vedle výrobní haly má podobu velkého stanu a vnitřní prostor je rozdělen na skladovací plochu pro palety a paletové regály.

7 POPIS SOUČASTNÉHO STAVU PLÁNOVÁNÍ VÝROBY

Za nynějšího stavu má plánování výroby sklovláknitých netkaných tapet na starost jeden plánovač. Do jeho gesce patří zajištění vstupního materiálu, řízení skladu vstupního materiálu, potvrzování zakázek, řízení a plánování výroby. Již na první pohled, je zde patrné, že jedna osoba zastává funkci plánovače a leadera ve skladu, což přináší poměrně vysoké nároky na schopnosti toho člověka.

Pro plánování a řízení toku materiálu v rámci výroby se v podniku používá výrobní software, který se nazývá Výrobní aplikace a byl vyvinut přímo v podniku Texglass.

Tento software má několik stěžejních funkcí, které jsou důležité pro plánování výroby. Mezi tyto funkce patří komunikace s referentkami plánování, které každý den zadávají nové požadavky na výrobu, plánování a sledování výroby na výrobních linkách, plánování a sledování výroby na formátovacích strojích, sledování vstupního materiálu, polotovarů, skladových zásob a hotových výrobků.

Druhým systémem používaným pro objednávání vstupního materiálu je aplikace SAP. V této aplikaci probíhá pouze objednávání vstupního materiálu, a to buď z jiného závodu nebo od dodavatelů. Oba tyto systémy dokáží spolu komunikovat a propisovat data.

Proces plánování výroby lze rozdělit do tří částí, a to měsíční plán a požadavky od referentek, kontrola vstupního materiálu a potvrzení požadavku a zadávání do výroby a kontrola

7.1 Měsíční plán a požadavky od referentek

V ideálním stavu by měl plánovač zjistit aspoň přibližně, co bude další měsíc vyrábět skrze měsíční plán výroby. Tento stav platí u ostatních výrobků, ovšem u sklovláknitých netkaných tapet slouží plán pouze pro opravdu hrubou orientaci. Pro lepší představu o pouhé orientační funkci měsíčního plánu lze použít příklad pekárny, kdy se plánovač dozví na konci měsíce plán na další měsíc a je zde uvedeno, že má pekárna vyrobit 100 000 kusů pečiva. Samotné druhy pečiva už zde uvedeny ale nejsou.

Samotná výroba se tudíž řeší dle požadavků od referentek, které tyto požadavky prostřednictvím Výrobní aplikace viz Obrázek 6 předávají plánovači během měsíce.

Kopie na linky	BALEF	Prioritní	Polozka	Popis	Perioda	Vloženo	Pož. datum exp.	Datum výroby	Datum expedic.	Požadované
☐	☐	☐	FWC1188CE11	FWC1009 1166 000 0530/001005EURO FCPL574	☒	10.02.2025	07.03.2025			5 000
☐	☐	☐	FWC4344C	FWC TDV 1070 129 1000/0050M FLUG FCPL079	☒	11.02.2025	23.02.2025			8 400
☐	☐	☐	FWC1477C	FWC TDV 1169 190 1000/0050M NOVE FCPL292	☒	11.02.2025	23.02.2025			9 000
☐	☐	☐	FWC5057C	FWC TDV 5105 080 1000/0050M MAXE FCPL341	☒	11.02.2025	23.02.2025			6 400
☐	☐	☐	FWC3727C	FWC TDV 0000 070 1000/0025M A&D FCPL159	☒	11.02.2025	23.02.2025			6 000
chybná položka										
☐	☐	☐	FWC2510C	FWC TDV 1168 131 1000/0050M RELI FCPL253	☒	11.02.2025	23.02.2025			6 600
☐	☐	☐	FWC2959C	FWC TDV 1168 131 1000/0025M COTE FCPL175	☒	11.02.2025	23.02.2025			4 500
☐	☐	☐	FWC5056C	FWC TDV 5105 080 1000/0025M MAXE FCPL175	☒	11.02.2025	23.02.2025			6 000
☐	☐	☐	FWC2602C	FWC TDV 1269 189 1000/0025M DAW FCPL294	☒	11.02.2025	23.02.2025			1 200
☐	☐	☐	FWC2578C	FWC1117 1166 005 1000/0025M DAW FCPL171	☒	12.02.2025	19.02.2025			1 200
☐	☐	☐	FWC0099C	FWC1009 1166 000 1090/1500M EXPE FCPL521	☒	13.02.2025	21.02.2025			3 270
☐	☐	☐	FWC5332C	FWC TDV 0000 040 1000/0050M REGA FCPL062	☒	14.02.2025	04.03.2025			118 000
☐	☐	☐	FWC4104C	FWC TDV 0000 050 1000/0050M REGA FCPL456	☒	14.02.2025	10.03.2025			97 350
☐	☐	☐	FWC3317C	FWC TDV 1070 129 1000/0050M ALLI FCPL531	☒	14.02.2025	03.03.2025			12 000
☐	☐	☐	FWC3793C	FWC3011 1166 000 1000/0025M VAGG FCPL247	☒	14.02.2025	10.03.2025			3 600
☒	☒	☒	FWC2286C	FWC1012 1166 000 1000/0050M FINT FCPL127	☒	01.11.2021	11.11.2021	11.11.2021		4 500
☒	☒	☒	FWC2607C	OBS FWC3111 1075 005 1000/0050M >>>> FCP	☒	14.01.2022	24.01.2022		24.01.2022	1 000
☒	☒	☒	FWF5329C	FWC1011 1366 000 1000/0050M NOVE FCPL185	☒	05.11.2024	14.11.2024	03.01.2025	05.01.2025	2 400
☒	☒	☒	FWC2273C	FWC3011 1166 000 1000/0050M NOVE FCPL280	☒	05.11.2024	14.11.2024	03.01.2025	05.01.2025	4 500
☒	☒	☒	FWC4667C	FWC1007 1166 000 1000/0050M BRIL FCPL454	☒	07.11.2024	02.12.2024	27.12.2024	29.12.2024	6 000
☒	☒	☒	FWC3833C	FWC TDV 1070 129 1000/0050M DYRU FCPL324	☒	13.11.2024	23.12.2024	21.12.2024	23.12.2024	34 800
C129CE										
☒	☒	☒	FWC3820C	FWC TDV 0000 035 1000/0050M DYRU FCPL164	☒	13.11.2024	23.12.2024	21.12.2024	23.12.2024	8 000

Obrázek 6 – Požadavky na výrobu (interní dokument ve Výrobní aplikaci, upraveno)

Na tomto obrázku lze vidět, že zakázky, které jsou již potvrzené a zadané do výroby mají žlutou barvu, zatímco zakázky čekající na potvrzení jsou podbarveny bíle. Jen ve výjimečných případech přijde požadavek, aby výrobek byl hotov do druhého dne do rána, aby se mohl hned ráno expedovat. Zpravidla přichází objednávky s týdenním předstihem a není výjimkou, že přijde požadavek na výrobu, která se má uskutečnit až za dva měsíce. Po zobrazení požadavku od referentek má plánovač povinnost požadavek buď potvrdit nebo potvrdit s jiným datem výroby anebo se telefonicky spojit s referentkou a domluvit se.

7.2 Kontrola vstupního materiálu a potvrzení požadavku

Jak už bylo zmíněno výše, do povinností plánovače patří mimo plánování výroby i řízení skladu vstupního materiálu. Před zasláním potvrzení referentce je plánovač povinen zkontrolovat dostupnost a množství materiálu pro výrobu.

Tento materiál lze rozdělit na:

- Vstupní materiály, které musí projít upravitelskou linkou,
- Vstupní materiály, který neprochází upravitelskou linkou,
- Materiály, které prošly upravitelskou linkou,
- Materiály, které už byly částečně spotřebovány.

Všechny tyto skupiny materiálu mají podobu velkonabalů viz Obrázek 7 neboli rolí s vinutou textilií a jsou položeny na paletách. Jen v minimálních případech jsou tyto

velkonábaly skladovány bez palety a jsou volně stojící. Zároveň se zde využívají i polotovary které mají podobu výsledného produktu, ale bez informačních listů a polepů, které se liší dle zákazníka.



Obrázek 7 – Velkonábal (interní dokument ve Výrobní aplikaci, upraveno)

Pokud je dostatek vstupního materiálu, plánovač zkontroluje, zda na upravárenských linkách a formátovacích strojích v daném termínu, který je požadován, je neobsazený prostor. Obsazenost a rozplánování upravárenských linek si plánovač vede pro svoje potřeby v tabulkovém programu Excel. V případě, že je zde volná kapacita v daném termínu, plánovač potvrzuje požadavek referentce přes Výrobní aplikaci. V opačném případě telefonicky kontaktuje referentku s návrhem změny termínu výroby.

7.3 Zadávání do výroby a kontrola

Zadání do výroby závisí na druhu zakázky potažmo vstupního materiálu. Pokud se jedná o materiály procházející úpravou v upravárenských linkách, zadá plánovač tento požadavek přes Výrobní aplikaci obsluze těchto linek viz Obrázek 8.

Pos	Jenc	Bez	Polozka	Popis	Rozmer	Množství	MJ	Hoto	%	Skladem v SAF	Datum expedice	Sklad do	Spl	El
☐	☐	☐	SF600609	C 189 A1070/100CM DAW	100.0/0	37 100	M2	38 100	102.695				☐	S
☐	☐	☐	SF600412	C 190 A1070/100CM	100.0/0	18 800	M2	18 020	95.851				☐	S
☐	☐	☐	FWC4822C	FWC TDV 1168 131 1000/1700M LECO FCPL18C	100.0/1700	20 400	M2	20 400	100	10 200			☐	T
Kódovat za linkou														
☐	☐	☐	SF600567	C 131 A1168/100CM	100.0/0	18 300	M2	3 300	18.033				☐	S
☐	☐	☐	SF600631	C 189 A1269/100CM DAW-OCV	100.0/0	10 800	M2	0	0				☐	S

Obrázek 8 – Plán výroby na linkách (interní dokument ve Výrobní aplikaci, upraveno)

Do této fronty plánovač zadává vždy jen omezenou část naplánované výroby. Obsluha linek si nemůže vybírat, kterou zakázku zpracuje dříve, ale musí se řídit pořadím, ve kterém byly jednotlivé požadavky umístěny. Celou naplánovanou výrobu si vede plánovač v tabulkovém programu Excel viz Obrázek 9.

	DRUH	MNOŽSTVÍ	RYCHLOST	HODINO	DOBA TUŽENÍ		Ukončení tužení		Počet dnů od	EXP	EXP
		[m2]	[m/min]	[m2/h]	[h]	HODIN	MINUT		začátku		M2
	ZÁČATEK VÝPOČTU					0		28.02.2025 10:01	pátek		
1	C 189 A1070/100CM DAW	21 200	8	864	24.54	24	32	1.3.2025 10:33	sobota	1.02	3.3.2025 17 300
2	C 189 A1070/100CM BRILLUX	5 400	8	864	6.25	6	15	1.3.2025 16:48	sobota	1.28	7.3.2025 5 400
3	C 129 A1070/100CM DAW	21 200	9	972	21.81	21	49	2.3.2025 14:36	neděle	2.19	3.3.2025 16 200
4	C 129 A1070/100CM DAW	27 000	9	972	27.78	27	47	3.3.2025 18:23	pondělí	3.35	6.3.2025 24 000
5	C 129 A1070/100CM DAW	54 000	9	972	55.56	55	33	6.3.2025 1:56	čtvrtek	5.66	9.3.2025 48 000
6	C 189 A1070/100CM DAW	48 600	8	864	56.25	56	15	8.3.2025 10:11	sobota	8.01	9.3.2025 46 000
7	C 189 A1070/100CM DAW	10 800	8	864	12.50	12	30	8.3.2025 22:41	sobota	8.53	17.3.2025 10 800
8	C 129 A1070/100CM DAW	27 000	9	972	27.78	27	47	10.3.2025 2:28	pondělí	9.69	11.3.2025 25 200
9	C 129 A1268/100CM DAW	81 000	8	864	93.75	93	45	14.3.2025 0:13	pátek	13.59	13.3.2025 72 200
10	C 189 A1269/100CM DAW	10 800	8	864	12.50	12	30	14.3.2025 12:43	pátek	14.11	15.3.2025 11 100
11	C 129 A1268/100CM DAW	27 000	8	864	31.25	31	15	15.3.2025 19:58	sobota	15.41	19.3.2025 24 000
12	C 129 A1070/100CM DAW	48 600	9	972	50.00	50	00	17.3.2025 21:58	pondělí	17.50	19.3.2025 46 800
13	C 189 A1070/100CM DAW	81 000	8	864	93.75	93	45	21.3.2025 19:43	pátek	21.40	21.3.2025 74 000
14	C 189 A1269/100CM DAW	27 000	8	864	31.25	31	15	23.3.2025 2:58	neděle	22.71	24.3.2025 21 600
15	C 189 A1070/100CM DAW	10 800	8	864	12.50	12	30	23.3.2025 15:28	neděle	23.23	26.3.2025 7 800
16	C 129 A1268/100CM DAW	37 800	8	864	43.75	43	45	25.3.2025 11:13	úterý	25.05	27.3.2025 32 400
17	C 129 A1070/100CM DAW	27 000	9	972	27.78	27	47	26.3.2025 15:00	středa	26.21	27.3.2025 26 400
18	C 189 A1070/100CM DAW	27 000	8	864	31.25	31	15	27.3.2025 22:15	čtvrtek	27.51	28.3.2025 24 000

Obrázek 9 – Naplánovaná výroba v Excel (interní dokument ve Výrobní aplikaci, upraveno)

Pro lepší přehlednost si plánovač vede zpracované zakázky na upravárenských zeleným podbarvením a nezpracované jsou vedeny bíle. Dále u každé zakázky je uvedeno kolik vstupního materiálu bude potřeba. Skrze nastavené vzorce vidí plánovač přibližný termín dokončení zpracování na lince. Tento proces je takto nastaven z důvodu každodenního aktualizování výroby dle požadavků referentek a změny množství výroby. Po upravení vstupního materiálu převezme obsluha linek nové velkonábaly na skladovací prostory velkonábálů.

Další částí je zadání výroby na formátovací stroje. Tento proces je již pro obě skupiny vstupního materiálu stejný. Poté co plánovač potvrdí výrobu referentce se automaticky tento požadavek propíše do fronty obsluh formátovacích strojů viz Obrázek 10.

Prior	Přeba	Externí polotovary	Spl	druh	Apretace	Polozka	Barva	Polisk	Zobrazit ve vý	Zákazník	Rozmer	Roli	Množství N	Hotovo M2	Datum
☒	☐	☐	☐	T 1009	A1166	FWC1188CE111			☒	EURO	53.0/10	162	5 000	3 452	13.03.
☒	☐	☐	☒	T 1004	A1166	FWC4960C			☒	LECO	110.0/50	20	2 200	2 090	23.06.
do prvního auta 25/6															
☒	☐	☐	☒	T 2009	A1166	FWC4240C			☒	STO	100.0/25	24	1 200	1 200	08.02.
☒	☐	☐	☒	T 1024	A1166	FWC2763C			☒	NOVE	100.0/50	30	3 000	3 000	25.02.
17/3															
☒	☐	☐	☒	T 2009	A1166	FWC1834C			☒	TEXT	100.0/25	32	4 800	4 800	01.03.
3/3, nejsou krabice, naformátováno - 3 palety nejsou zabaleny															
☒	☐	☐	☒	T 1050	A1166	FWC4939C	Pigm		☐	NOVE	100.0/25	40	1 000	1 000	01.03.
3/3 FIRERESIST															
☒	☒	☐	☒	T 3011	A1166	FWC4953C			☐	PROK	100.0/50	24	1 200	1 200	01.03.
přebalit z FWC2703C, směna D - 1x, zbytek množství dát do další výroby 3/3															
☒	☐	☐	☒	T 0700	A1366	FWF5713C			☒	NOVE	100.0/30	24	720	720	01.03.
5/3															
☒	☐	☐	☒	T 0700	A1366	FWF5713C			☒	NOVE	100.0/30	24	720	720	01.03.
5/3															
☒	☐	☐	☒	T 2009	A1166	FWC2765C			☐	NOVE	100.0/50	18	1 500	1 500	03.03.
1500m2, dát na sebe, vyfotit, napsat rozměr do emailu Liborovi 5/3															
☒	☐	☐	☒	T 0710	A1366	FWF5709C			☐	NOVE	100.0/30	24	1 440	1 440	03.03.
5/3															
☒	☐	☐	☒	T N00	A2 H	FWC4488C			☒	LECO	100.0/50	24	1 200	1 200	04.03.
N 0062 A1366/100CM POTISK-LECO 11/3															
☒	☐	☐	☒	T 2105	A1166	FWC4634C			☒	GLAS	100.0/50	16	800	800	04.03.
6/3															

Obrázek 10 – Fronta formátovacích strojů (interní dokument ve Výrobní aplikaci, upraveno)

U jednotlivých zakázek je uveden zákazník, množství a nejpozdější datum, kdy musí být zakázky vyrobeny. Nově propsaný požadavek je ale pro obsluhy neviditelný, dokud ho plánovač nezviditelní. Zviditelňuje ho až ve chvíli, kdy se blíží datum výroby nebo je nevyužitý prostor na formátovacích linkách, a to z důvodu, aby byl dodržen plán výroby. Následně už jen plánovač kontroluje, zda byla zakázka vyrobeny.

8 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU V KONTEXTU PRŮMYSLU

5.0

Podnik Texglass má ve vnitropodnikových akčních plánech a výhledu do budoucna stanoveno, že do roku 2030 chce mít ve všech svých závodech zaveden Průmysl 4.0. Jak bylo již zmíněno, Průmysl 4.0 se zaměřuje na digitalizaci a robotizaci ve výrobě. Z tohoto hlediska proběhly v závodu Texglass 2 dílčí kroky a snahy pro naplnění jejich plánu. Mezi tyto kroky patří například instalace informačních televizí do výrobních hal a kanceláří plánovačů a technologů.

Cílem projektu byl sběr Big data a jejich zpracování. Dle projektu mělo být možno sledovat na těchto televizích aktuální stav z výroby potažmo rychlost upravárenských linek a druh materiálu, který právě zpracovávají a zároveň údaje z formátovacích strojů. Zároveň tyto údaje bylo možné sledovat přes aplikaci na PC.

Během pozorování procesu plánování v kontextu Průmyslu 5.0 byly vypořádány čtyři problémy, a to problém se skladováním materiálu, dostupností dat z výroby, přesností měsíčních plánů a plánováním údržby.

8.1 Problém se skladováním materiálu pro výrobu

Tento problém se netýká pouze plánování výroby, ale i samotné výroby. Jelikož závod Texglass je primárně výrobním závodem, je zde skladování materiálu pro výrobu řešeno poměrně chaoticky. Z Obrázku 5 lze vyčíst, že v závodě Texglass 2 se nachází 1x skladovací prostor pro vstupní materiál, 4x skladovací prostory velkonábalů, 1x regálový sklad s polotovary a k tomu přidružený samostatný sklad, který se nachází vedle budovy závodu. V rámci těchto skladovacích prostor nebyl v době pozorování zaveden žádný systém skladování. Skladování zde bylo chaotické a nové palety s materiálem se skladovali dle toho kde bylo místo. Díky tomu nebylo v systému možné dohledat, kde přesně se jaký materiál nachází.

Aby plánovač v rámci procesu plánování potvrdit referentce výrobu, musí vědět, zda má dostatek materiálu na výrobu. Výrobní aplikace zobrazuje, kolik je na skladu, jakého materiálu potažmo velkonábalů, ale nezobrazuje, kde se jaké velkonábaly, a to jak v rámci vstupního materiálu nebo materiálu, který již prošel úpravou přes upravárenské linky, nachází.

Plánovač proto musí tyto velkonábaly jít hledat sám fyzicky. Není ani výjimkou, že Výrobní aplikace ukazuje, že se na skladu má nacházet velkonábal, ale tento velkonábal už byl zpracován ve výrobě.

Pokud se plánovači podaří materiál najít, potvrdit a zadat výrobu, stejný problém s hledáním materiálu přechází na operátory ve výrobě. Určité zjednodušení se týká nepoužitého vstupního materiálu, který se má správně nacházet v černě vyznačení oblasti viz Obrázek 6. Jen v minimálních případech se nepoužitý vstupní materiál, který neprochází upravitelskou linkou nenachází na ploše vstupního materiálu, ale na ostatní plochách určených pro skladování materiálu.

Tím, že skladovací plochy nemají žádné označení, nemůže ani plánovač nechat poznámku v rámci Výrobní aplikace, kde se materiál nachází. Jediný případ, kdy to lze je, pokud se materiál nachází v přidruženém skladu.

Za nynějšího stavu se v závodě Texglass 2 nacházejí 4 plánovači výroby, kdy každý má na starost jiný druh výrobku. Problém s hledáním materiálu se ale týká všech plánovačů. Pracovní doba plánovačů je od pondělí do pátku, od 7 do 15 hodin. Jelikož je v podniku zavedena nepřetržitá výroba, úkolem plánovače je naplánovat nejen výroby po zbytek dne, ale v pátek i na celý víkend. Jak už bylo zmíněno, dále se tento problém týká operátorů ve výrobě, u kterých je zaveden dvousměnný dvanáctihodinový provoz.

Bylo zjištěno, že denně každý plánovač stráví hledáním materiálu cca 2 hodiny. Pokud se bude počítat, že kalendářní rok má 260 pracovních dnů, celkově plánovači stráví hledáním materiálu cca 2 080 hodin. Dále bylo zjištěno, že operátoři dohromady během své 12hodinové směny celkově stráví hledáním materiálu 10 hodin. Jelikož se jedná o nepřetržitý provoz, tak celkově za rok stráví hledáním materiálu cca 1 040 hodin.

Finanční oddělení stanovilo, že náklady na 1 hodinu práce plánovače jsou 600 Kč a v případě operátora se jedná o 500 Kč. Celkové roční náklady na hledání materiálu jsou cca 1 780 000 Kč ročně.

8.2 Problém s dostupností dat z výroby

Druhým problémem, který byl zjištěn v rámci pozorování, je problém s dostupností dat. Momentální stav je takový, že plánovač plánuje výrobu jen pomocí průměrných rychlostí výroby na daný materiál a nepoužívá aktuální údaje.

I když proběhlo v rámci projektu na zavedení Průmyslu 4.0 připojení výrobních linek a strojů k podnikové síti, vytvoření aplikace pro sběr dat a instalace televizí do kanceláří, taktéž do výrobních hal, stále zde byl přetrvávající problém s dostupností dat. Tato data se v praxi dále nijak nevyužívají, jelikož systém má časté problémy s dostupností dat a jejich odezvou.

Plánovač stále proto raději využívají průměrných rychlostí, které mají zaznamenány v rámci souboru v tabulkovém aplikaci Excel. Jsou zde vytvořeny vzorce, které počítají dobu dokončení výroby skrze průměrné rychlosti. Jelikož se v rámci výroby sklovláknitých netkaných tapet jedná o zakázkovou výrobu, je kladen velký tlak na plánovače, aby byla dodrženy objednané termíny a nevznikly prostoje ve výrobě. Tím, že se každý den aktualizuje výrobní plán, i z hodiny na hodinu, podle četnosti požadavků od referentek, tak může docházet k méně efektivnímu plánování výroby a mohou vznikat zbytečné zásoby materiálu, které byly zušlechtěny upravitelskou linkou. Není možné, aby upravitelskou linkou prošla pouze část velkonábalů, vždy ale musí přijít úpravou celá role.

8.3 Problém s přesností měsíčních plánů

Problém s přesností měsíčních plánů ve výrobním závodě Texglass 2 spočívá především v nízké přesnosti. I když plánovací oddělení pošle ke konci měsíce plán výroby, slouží jen jako hrubá orientace. Plánovač například ví, že má za měsíc vyrobit určité množství výrobků, ale už neví, o jaké konkrétní typy se jedná. Výroba se proto ve skutečnosti řídí převážně operativně, dle požadavků od referentek.

Díky tomuto vzniká pro plánovač další problém, jelikož není pouze odpovědný za samotné plánování výroby, ale také za celý sklad vstupních materiálů. Musí sám zajišťovat objednávání vstupního materiálu a predikovat, kolik, kdy a jakého typu materiálu bude v budoucnu potřebovat. To vše bez přesného výrobního plánu, což výrazně zvyšuje nároky na jeho zkušenosti a odhad. Dodací lhůty jednotlivých materiálů se přitom pohybují od jednoho týdne až po osm týdnů, takže případné podcenění nebo naopak přecenění potřeby může mít za následek buď výpadky ve výrobě, nebo zbytečné navýšení zásob.

8.4 Problém s plánováním údržby

Další zjištěný problém, který byl v rámci analýzy současného stavu ve výrobním závodě Texglass 2 identifikován, je zcela nedostatečné plánování údržby výrobních zařízení. V současné době zde není zaveden žádný systém preventivní ani prediktivní údržby.

To znamená, že provoz linky běží na maximum až do chvíle, kdy dojde k poruše. Až poté se problém řeší. Díky tomuto vznikají neplánované odstávky, které poté mají významný dopad na plynulost výroby, termíny dodání i celkové náklady.

Tento problém v kombinaci s předchozím problémem s přesností měsíčních plánů a operativním zadáváním výroby je ještě závažnější, protože není vytvořen žádný prostor pro rezervní kapacitu v případě nečekaných událostí. Plánovači, kteří již tak čelí tlaku kvůli nepředvídatelnosti zakázek, se musejí potýkat i s tím, že linky mohou kdykoli selhat bez předchozího varování. Nevyužívání systému prediktivní údržby také znamená, že nejsou sbírána žádná data o opotřebení zařízení, cyklech provozu či jiných ukazatelích, které by mohly napovědět, kdy se blíží technický problém.

9 ZHODNOCENÍ VÝSTUPŮ ANALÝZY A NÁVRHY OPATŘENÍ PRO ZLEPŠENÍ V KONTEXTU PRŮMYSLU 5.0

Jak už bylo zmíněno, Průmysl 5.0 přináší nové přístupy k digitalizaci řízení výroby. Je zde důraz na spoluprací lidí, tj. zaměstnanců a nových technologií, efektivnější využití získávací dat a větší flexibilitu v rámci procesního řízení. Cílem zde není hlavně čistá automatizace, ale efektivní propojení technologií a lidí při řízení výroby.

V rámci analýzy v podniku bylo identifikováno několik problému. Autorem práce byly vybrány 2 klíčové problémy, a to problém se skladováním materiálu pro výrobu a problém s dostupností dat z výroby, které lze řešit s důrazem na Průmysl 5.0. Tyto problémy z pohledu autora práce nejvíce ovlivňovali výrobu.

Oba tyto problém lze zařadit do 3. pilíře Průmyslu 5.0 neboli odolnost, kdy cílem tohoto pilíře, jak už bylo zmíněno, je flexibilita organizace vůči změnám na trhu a ve světě. A právě během Covidu 19 bylo zjištěno, že tyto 2 problémy mají největší dopad na řízení výroby, skrze nutnost osobní přítomnosti ve výrobním závodě a jen nízké možnosti práce z domova. Zároveň se problém se skladováním materiálu pro výrobu týká druhého pilíře neboli udržitelnosti, jelikož operátoři výroby bez znalosti umístění velkonábalů často nevyužívají zbytků a tyto zbytky se po čase musí likvidovat, jelikož ztrácejí na kvalitě. Co se týče problému s dostupností dat z výroby, lze tento problém zařadit pod první pilíř neboli centralizaci na člověka, jelikož nově zavedené technologie ve firmě mají právě cílit na zjednodušení práce a odstranění repetitivních činností. Pro odstranění těchto problémů byly vymyšleno několik možných řešení.

9.1 Problém se skladováním materiálu

Jádrem tohoto problému je absence strukturovaného skladového systému, což vede k náhodnému umístování materiálů podle volného místa. Nedostatečná identifikace umístění materiálů způsobuje to, že neexistuje přehled o jejich přesném umístění, což znamená, že plánovač i operátoři musí materiály vyhledávat manuálně. Výrobní aplikace sice ukazuje celkovou zásobu materiálů, avšak neposkytuje informace o jejich přesném umístění. V rámci toho problému byly vytvořeny dvě obecné varianty řešení.

Varianta I

První variantou je rozdělení současných skladovacích ploch do jednotlivých sektorů, které budou očíslovány. Dále by bylo možné definování pevných skladovacích zón pro různé

typy materiálů, což by eliminovalo nahodilé umístování, zatímco automatizovaný systém uspořádání skladu by přesně určoval, kam se jaký materiál má uložit pro lepší identifikaci.

Varianta II

Druhou, ale náročnější variantou je implementace digitálního skladového systému, který by zajistil efektivnější správu zásob. Zavedení RFID čipů nebo QR kódů by umožnilo přesnou lokalizaci materiálů, což by výrazně zkrátilo dobu potřebnou k jejich vyhledání. Automatické skladové skenery by navíc mohly sledovat pohyb zásob v reálném čase, což by usnadnilo řízení skladu.

Dalším krokem ke zlepšení situace by bylo zavedení digitální mapy skladu. Propojením skladového systému s Výrobní aplikací by bylo možné okamžitě zjistit přesné umístění materiálů, čímž by se eliminovala nutnost manuálního vyhledávání.

9.2 Problém s dostupností dat

Problém s dostupností dat z výroby představuje zásadní překážku v efektivním řízení výrobního procesu. Současný systém sběru dat není dostatečně spolehlivý, což vede k problémům s dostupností a odezvou informací. Plánovači tak nemají k dispozici aktuální data z výroby a místo toho pracují s průměrnými rychlostmi uloženými v tabulkách Excelu.

V rámci tohoto problému byla vytvořena pouze jedna varianta řešení, jelikož je už nyní zavedena infrastruktura pro sledování dat. Je potřeba tuto infrastrukturu plně zprovoznit, aby plánovačům poskytovala aktuální data z výroby pro přesnější plánování. Nástavbu toho řešení představuje implementace RPA a AI pro zjednodušení práce plánovače a přesnější plánování díky analýze dat, zjištěných z výroby.

10 KALKULACE NÁVRHŮ NA ZLEPŠENÍ

Obecné návrhy na zlepšení byly konzultovány s vedením závodu Texglass 2 a IT oddělením. Po této konzultaci vznikly dvě varianty řešení pro sledování materiálu a jedna varianta pro dostupnost dat. Díky zkušenostem pracovníků v IT oddělení nebude potřeba najímání externí firmy na realizaci vytvořených návrhů.

10.1 Návrhy na sledování materiálu

Pro vyřešení problému se sledováním materiálu byly vytvořeny dvě varianty, které jsou možné v závodě Texglass 2 zavést jak z hlediska finančních, tak i z hlediska technických možností.

Varianta I

Tato varianta, která je pro implementaci do provozu jednodušší, zahrnuje rozdělení současných skladovacích ploch do menších celků, aby byla jednodušší identifikace polohy materiálu. Tyto menší plochy budou mít kapacitu 5-8 paletových míst, budou očíslovány a vyznačeny barevně na zemi. Aby se jednotlivé plochy daly jednoduše rozeznat, budou se čísla ploch nacházet před označením samotné plochy, aby nedošlo k položení materiálu na číslo plochy.

V rámci výrobní aplikace by byla vytvořena samostatná databáze skladovacích ploch. V této databázi by došlo k implementaci RPA pro navigaci operátorů, kde se jaký materiál nachází, popřípadě kam mají materiál uložit. Při přemísťování jednotlivých kusů už nyní operátoři používají čtecí zařízení. Toto zařízení je už nyní připojeno k Výrobní aplikaci, tudíž není potřeba nakupovat nové. Operátor by si tudíž rozklikl zakázku, kterou bude zpracovávat a ukázalo by se mu, kde se nachází materiál potřebný pro výrobu. Pokud by mu po výrobě zbyl materiál, zadá přes Výrobní aplikaci, kolik a jakého materiálu mu zbylo a čtečka mu ukáže, do jaké skladovací plochy má tento zbytek uložit. Pro správnost uložení, bude muset operátor opsat číslo plochy do čtečky.

Samotná realizace návrhu je rozdělena do několika fází:

1. Přesné vyznačení skladovacích ploch pomocí čar na podlaze a očíslování.
2. Vytvoření databáze ve Výrobní aplikaci.
3. Propojení databáze se čtečkami.
4. Testování a optimalizace.

Tabulka 1 – Cenová kalkulace Varianta I (vlastní zpracování)

Vyznačení skladovacích ploch	cca 20 000 Kč
Práce IT oddělení na zprovoznění	cca 25 000 Kč
Celkové náklady	cca 45 000 Kč

Návratnost projektu dle Preuss (2016) se vypočítá následovně viz Rovnice 1 jako podíl roční úspory a investice krát 100. Ruční úspora se vypočítá tak, že od aktuálních nákladů se odečtou náklady budoucí a odpisy. Časová návratnost se vypočítá jako inverzí funkce k ROI.

Rovnice 1 – Výpočet ROI (vlastní zpracování dle Preuss, 2016)

$$\text{ROI (\%)} = \left(\frac{(\text{Náklady před investicí}) - (\text{Náklady po investici} + \text{Odpisy})}{\text{Investiční náklady}} \right) \times 100$$

Náklady na vyhledávání materiálu po implementaci byly vedoucím výroby a IT oddělením odhadnuty na 40 000 Kč ročně. Samotná životnost byly odhadnuta na 5 let, jelikož po 5 letech bude potřeba znovu vyznačit skladovací plochy. Tyto údaje byly dosazeny do předchozího vzorce viz Rovnice 2.

Rovnice 2 – Výpočet ROI u Varianty I (vlastní zpracování dle Preuss, 2016)

$$\begin{aligned} \text{ROI} &= \left(\frac{(1\,780\,000) - (40\,000 + 9\,000)}{45\,000} \right) \times 100 \\ &= \left(\frac{1\,731\,000}{45\,000} \right) \times 100 \\ &= 38,466 \times 100 = 3\,846,6\% \end{aligned}$$

Návratnost projektu byla tedy vypočítána na 3 846,6 % tj. 9 dní. Takto vysokou návratnost by bylo možné předpokládat za ideálních podmínek, kdy by nastala implementace této varianty okamžitě. Podle zjištěného odhadu vedoucího výroby a IT oddělení bude tato

změna trvat minimálně dva měsíce, než by se celý systém plně zprovoznil a proškolil se potřebný personál, který by s touto novou variantou přišel do kontaktu.

Varianta II

V rámci varianty II byl vytvořen plán na sledování výrobních materiálů pomocí QR kódů a kamer, které tyto kódy dokáží přečíst. Již za aktuálního stavu má každý velkonábal svůj průvodní list, který se tiskne přímo v závodě a umísťuje se z boční strany kusu. Na tento list by se umístil QR kód a průvodní list by se vyhotovil ve dvou kusech a umístil z boční strany a na vrchol velkonábalů. Tyto listy s QR kódy by následovně četli kamery umístěné na stěnách nebo stropu výrobní haly. Tyto kamery by byly umístěny pouze nad skladovacími plochami materiálu, jelikož je zbytečné, aby se nacházeli po celé hale.

Samotné kusy by bylo možné sledovat pomocí digitální mapy v reálném čase. Tato digitální mapa by byla dostupná v rámci Výrobní aplikace. Pokud by se dva velkonábaly umístili na sebe, bylo by možné vidět poslední známku pozici daného velkonábalů. Při přemísťování jednotlivých kusů už nyní operátoři používají čtecí zařízení, tudíž by nebylo potřeba nakupovat nové. V těchto čtecích zařízeních by byla taktéž umístěna digitální mapa a fungovala by jako navigace pro operátora podobně jako navigace v autě.

Samotná realizace návrhu je rozdělena do několika fází:

1. Přesné vyznačení skladovacích ploch pomocí čar na podlaze.
2. Instalace infrastruktury do výrobní haly a připojení v rámci softwaru.
3. Vytvoření digitální mapy výrobní haly.
4. Propojení softwaru kamer, digitální mapy, čteček a Výrobní aplikace.
5. Testování a optimalizace.

Pro tento účel byla vybrána kamera Hikrobot MV-CH120-10GM/GC, která umožňuje snímání z velké výšky a s velkou přesností. Cena jednoho kusu se pohybuje kolem 1 300 USD cca 30 000 Kč.

Cenová kalkulace na implementaci toho návrhu vypadá následovně:

Tabulka 2 – Cenová kalkulace Varianta II (vlastní zpracování)

Vyznačení skladovacích ploch	cca 15 000 Kč
25 kusů kamer Hikrobot MV-CH120-10GM/GC	cca 750 000 Kč
Propojovací kabeláž	cca 135 000 Kč
Práce IT oddělení na zprovoznění	cca 100 000 Kč
Celkové náklady	cca 1 000 000 Kč

Návratnost projektu byla vypočítána stejným způsobem jako v předchozí Variantě I dle vzorce od Preuss (2016) viz Rovnice 1. Náklady na provoz systému byly stanoveny na 70 000 Kč ročně a předpokládaná životnost systému byla stanovena na 20 let, s tím, že ale bude potřeba cca po 5 letech znovu vyznačit skladovací plochy.

Rovnice 3 – Výpočet ROI u Varianty II (vlastní zpracování dle Preuss, 2016)

$$\begin{aligned}
 \text{ROI} &= \left(\frac{(1\,780\,000) - (70\,000 + 50\,000)}{1\,000\,000} \right) \times 100 \\
 &= \left(\frac{1\,660\,000}{1\,000\,000} \right) \times 100 \\
 &= 1,66 \times 100 = 166\%
 \end{aligned}$$

Návratnost projektu byla tedy vypočítána na 166 % tj. 220 dní. Opět je ale potřeba tento výsledek brát s velkou rezervou. Již u předchozí Varianty I se předpokládá prodloužení až o dva měsíce. U této varianty je návratnost skrze složitost implementace odhadnuta vedoucím výroby a IT oddělením až na 1 rok. Ale stále se jedná o výbornou návratnost, jelikož to firmě každý další rok ušetří 1 660 000 Kč ročně.

10.2 Návrh na zlepšení dostupnosti dat a implementaci AI

Jak už bylo zmíněno v návrhové části, prvním krokem bude sezení s pracovníky z IT oddělení. Na tomto sezení se prodiskutují všechny problémy, které současná infrastruktura obsahuje a představení požadavků od plánovačů s cílem tuto infrastrukturu a systém plně zprovoznit. Druhým krokem bude implementace RPA a AI do v současnosti využívaného softwaru.

I nadále je v plánu používání softwaru Excel pro zaznamenávání celé naplánované výroby, a to i z důvodu uchovávání dat ohledně již proběhlé výroby. Aby se zde nemuseli používat pouze průměrné rychlosti výroby, navrhlo zde IT oddělení použití RPA neboli robotické automatizace procesů s jejichž použitím mají v IT oddělení také zkušenosti. Získané údaje z výroby by RPA propisovalo do tabulky Excelu daného plánovače a aktualizovalo by automaticky čas výroby.

Aby na plánovače byl vyvíjen menší tlak, lze zde implementovat umělou inteligenci neboli AI. Za nynějšího stavu, kdy musí plánovač aktualizovat ručně všechny plány výroby v rámci softwaru Excel a musí hledat volné výrobní kapacity, když přijde nová zakázka na výroby procházející upravárenskou linkou. Cílem je implementace AI do Výrobní aplikace v podobě okna, které by si mohl plánovač otevřít během plánování. Když by přišel nový požadavek na výrobu od referentky, AI už by díky zjištěným údajům z Výrobní aplikace, aktuálního stavu skladu materiálu a softwaru excel navrhlo možná řešení umístění do výroby, aby byla zachována co největší plynulost, využití zdrojů a nedocházelo ke zbytečným přenastavování upravárenských linek. Plánovač už by sám pak rozhodl, jestli tento návrh použije nebo ne. Samotný návrh může nechat upravit skrze zadávací textové pole, přes které lze zadávat AI požadavky. Dále plánovač může vyžít AI pro analýzy objednávání materiálu skrze historické data, jelikož i když se jedná o zakázkovou výrobu, jsou zde určité objemy výroby založené na ročním období.

Jelikož Výrobní aplikace je založena na tabulkách v rámci softwaru Excelu, lze zde využít a implementovat AI od firmy Microsoft. Jelikož už nyní podnik využívá balíček Microsoft 365, stačilo by už jen dokoupit Microsoft Copilot. Taktéž by tento návrh pomohl kromě plánovače sklovláknitých netkaných tapet, tak ostatním plánovačům. Jelikož jsou v závodě 4 plánovači, stačilo by pouze 5 licencí tj. 4 pro plánovače a 1 pro IT oddělení.

Tabulka 3 – Náklady na zlepšení dostupnosti dat a implementaci AI (vlastní zpracování)

5x měsíční licence Microsoft Copilot	cca 14 000 Kč
Práce IT oddělní na zprovoznění	cca 30 000 Kč
Celkové náklady na zprovoznění	cca 44 000 Kč
Roční náklady na provoz 5x licence	cca 168 000 Kč

Návratnost o tohoto návrhu lze nelze přímo vypočítat, ale lze říci, že využití AI a RPA umožní plánovačům rychleji a přesněji plánovat a zároveň zde poklesne i míra náročnosti práce pro plánovače, jelikož mimo plánování mají na starost i jiné činnosti.

11 DISKUZE K VÝSTUPŮM NÁVRHŮ

Analýza aktuálního stavu plánování výroby ve výrobním závodě Texglass 2 odhalila dvě hlavní slabá místa, a to nijak neřízený systém skladování a nevyužitý potenciál digitalizovaného sběru dat z výroby. Oba tyto problémy představují zásadní překážky pro přesnější plánování výroby a zároveň zbytečně zatěžují zaměstnance opakujícími se úkoly, které by měly být v současném podniku již z větší části automatizované. Návrhy řešení se proto zaměřují nejen na technologické zlepšení procesů, ale také na podporu zaměstnanců a jejich propojení s moderními technologiemi v souladu s myšlenkami Průmyslu 5.0.

V oblasti sledování materiálu se obě navržené varianty liší hlavně v technologické náročnosti, ale i potenciálu. Varianta I, založená na jednoduchém rozdělení skladových ploch a jejich zapojení do interní aplikace pomocí RPA, nabízí rychlý a nízkonákladový způsob, jak získat přehled o pohybu zásob. Hlavním problémem je ovšem závislost na disciplinovanosti operátorů a jejich schopnosti systém pravidelně aktualizovat. Podobný systém, ale v menším měřítku, už v závodě Texglass 2 mají zaveden, kdy do páternosterových zásobníků se vkládají velkonábal široké přes dva metry. Jednotlivé pozice jsou očíslovány a pokud operátor dá nebo vezme z pozice velkonábal, musí tuto skutečnost zadat do systému, což se tak ale neděje!

Varianta II, která využívá QR kódy a inteligentní kamerové systémy, posouvá řízení skladu na zcela novou úroveň a není tak náročná na disciplinovanost operátorů. Vytvoření digitální mapy, napojené na Výrobní aplikaci a čtečky, by odstranilo potřebu manuálního hledání materiálu a umožnilo sledování v reálném čase. Tato varianta naplňuje myšlenky Průmyslu 5.0, jelikož propojuje pokročilou technologii s uživatelsky přívětivým rozhraní a zároveň zvyšuje bezpečnost, efektivitu i ergonomii pracovního prostředí. Vyšší investiční náklady by se mohly vrátit nejen v podobě úspor na pracovní síle, ale i v menší míře chyb, lepším plánování a nižší míře odpadu. V dlouhodobém horizontu se tato varianta jeví jako strategicky vhodnější. Její úspěšná implementace bude vyžadovat důkladnou přípravu a školení personálu, aby bylo zaručeno bezproblémové zavedení.

V oblasti dostupnosti dat z výroby byla navržena cesta kombinující zprovoznění stávající infrastruktury s implementací RPA a AI. Výhodou je, že firma již částí technické infrastruktury disponuje, jelikož jsou zde instalované obrazovky, připojené upravárenské linky i aplikace pro sběr dat, což představuje dobrý výchozí bod. Klíčovou otázkou zůstává, proč tato data nejsou v současnosti plnohodnotně využívána. Výpadky systému, pomalá

odezva nebo neochota vedoucích zaměstnanců přejít z osvědčených Excelových tabulek na nové nástroje ukazují na slabou integraci technologií do každodenní praxe. Tato bariéra není neobvyklá, jelikož v mnoha podnicích naráží digitální transformace na neochotu zaměstnanců změnit zaběhlé procesy, nikoliv na nedostatek technologií.

Zařazení RPA jako nástroje pro automatizaci aktualizace výrobních plánů přímo do Excelu může přinést okamžitý přínos bez potřeby měnit návyky plánovačů. AI, která pomáhá s rozhodováním o prioritizaci výroby a optimalizací výrobních kapacit, pak představuje další krok k tomu, aby plánovači mohli věnovat více času přesnému plánování a méně rutinním činnostem. Zároveň tím dochází k významnému posílení pilíře lidské centrality neboli technologie se stávají nástrojem, který zvyšuje schopnosti pracovníků, nikoliv jejich náhradou.

V rámci analýzy byly zjištěné i další problémy. I když tyto oblasti nebyly původně hlavním cílem navrhovaných opatření, i zde by bylo možné využití AI, jelikož nepřesné měsíční plány výrazně ztěžují odhad potřeby materiálu a kapacit. Pokud by se podařilo napojit AI do výrobní aplikace, mohla by na základě historických dat a sezónních výkyvů připravovat přesnější měsíční plány, které by plánovačům usnadnily rozhodování a snížily na ně tlak.

Dalším problémem je neplánovaná údržba. Bez předem daného systému totiž nejde pořádně odhadnout, kdy a na jak dlouho budou muset výrobní stroje stát, což vede k nečekaným výpadkům ve výrobě. I tady se nabízí řešení pomocí technologií a myšlenek Průmyslu 5.0 a to například využít data z výrobních zařízení, vytvořit jejich digitální dvojče nebo využít AI, která by díky historickým údajům uměla předpovídat možné poruchy.

Z dlouhodobého hlediska se ukazuje jako klíčové, aby vedení podniku nevnímalo digitalizaci jako jednorázový projekt, ale jako kontinuální proces. Technologie se neustále vyvíjí a s ní i potřeby zákazníků, tlak na produktivitu a důraz na udržitelnost. Podnik, který dokáže flexibilně reagovat a investovat do rozvoje digitálních dovedností zaměstnanců, získá nejen konkurenční výhodu, ale i stabilnější a motivovanější pracovní sílu. Je také důležité vnímat to, že všechno tvoří jeden velký a provázaný systém, který se musí udržovat jako celek.

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývala implementací prvků Průmyslu 5.0 ve vybraném podniku, konkrétně ve výrobním závodě Texglass 2. Cílem práce bylo navrhnout zlepšení v plánování výroby propojující člověka a technologie podle principů Průmyslu 5.0. K dosažení tohoto cíle byla práce rozdělena na teoretickou a praktickou část.

V teoretické části byla nejprve zpracována rešerše odborné literatury týkající se historického vývoje průmyslových revolucí. Důraz byl kladen na rozdíly jednotlivých revolucí a návaznosti mezi Průmyslem 4.0 a nově se prosazujícím konceptem Průmyslu 5.0. Byly popsány hlavní principy a pilíře Průmyslu 5.0 respektive lidská centralita, udržitelnost a odolnost. Zároveň byly vysvětleny klíčové technologie, které s tímto konceptem úzce souvisejí. Patřily mezi ně kolaborativní robotika, digitální dvojčata, umělá inteligence, rozšířená realita, robotická automatizace procesů a systémy pro sběr a analýzu výrobních dat. Dále byla věnována pozornost možným rizikům a bariérám spojeným s implementací těchto technologií, a to nejen z hlediska technického, ale i organizačního, ekonomického a sociálního.

Praktická část se zaměřila na analýzu současného stavu plánování výroby v závodě Texglass 2. Pomocí metod kvalitativního i kvantitativního výzkumu, konkrétně pozorování, snímku pracovního dne, výzkumných rozhovorů a analýzy interních dat, byly identifikovány čtyři klíčové problémy. Prvním z nich bylo neefektivní a nepřehledné skladování materiálu, které vedlo k časovým ztrátám při hledání potřebných surovin. Druhým problémem byla omezená dostupnost aktuálních výrobních dat, která neumožňovala efektivní a přesné plánování výroby. Třetím byla nízká vypovídací hodnota měsíčních výrobních plánů, které neposkytovaly dostatečné informace pro detailní měsíční plánování. Čtvrtým zjištěným nedostatkem byla absence prediktivního plánování údržby, která by umožnila zamezit neplánovaným prostojům a zvýšit provozní spolehlivost výrobních zařízení.

Na základě těchto zjištění byly vybrány dva prvně zmíněné problémy a byly navrženy konkrétní varianty řešení v souladu s principy Průmyslu 5.0. Jednalo se o návrh systému digitálního skladování využívajícího lokalizační technologie a čárové kódy. Druhým návrhem bylo zlepšení sběru a využití výrobních dat pomocí propojení strojů s centrálním datovým systémem, zavedení AI pro predikci výrobních časů a plánování výroby a zlepšení spolupráce mezi člověkem a technologiemi skrze uživatelsky přívětivé rozhraní.

Navržená opatření byla doplněna o odhad nákladů a návratnosti investic tak, aby bylo jasné, jaké jsou možnosti jejich proveditelnosti z pohledu ekonomických možností podniku.

Z hlediska teoretického přínosu práce byl vytvořen ucelený pohled v oblasti konceptu Průmyslu 5.0, který je stále novým a dynamicky se rozvíjejícím fenoménem. Popis byl zaměřen na definici Průmyslu 5.0, principy, technologickou základnu i rizika spojená se zaváděním. Tento přehled může být využit akademickou obcí, studenty i odborníky při dalším výzkumu nebo při přípravě dalších implementačních projektů.

Z praktického pohledu byla práce přínosná zejména pro samotný podnik, neboť poskytla analýzu současného stavu a identifikovala konkrétní oblasti, které omezovaly efektivitu plánování a výrobního procesu. Návrhy opatření zohledňovaly specifika provozu a byly koncipovány tak, aby jejich realizace byla technicky i ekonomicky dosažitelná. Díky tomu může podnik lépe čelit výzvám spojeným s digitalizací a zároveň budovat prostředí, ve kterém budou technologie podporovat, nikoliv nahrazovat, lidský potenciál.

Cíl práce neboli návrh zlepšení v plánování výroby propojující člověka a technologie podle principů Průmyslu 5.0. byl tudíž naplněn. Byly navrženy konkrétní varianty řešení, které reflektovaly aktuální stav ve výrobním závodě, potřeby zaměstnanců i širší strategii podniku. Výsledky této práce tedy přinášejí hodnotu nejen pro vedení daného podniku, ale i pro další organizace, které usilují o transformaci svého provozu v souladu s hodnotami a technologiemi Průmyslu 5.0.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AHMED, Banafa, 2024. What is AI? In: *Transformative AI - Responsible, Transparent, and Trustworthy AI Systems*. River Publishers, s. 2-5. Dostupné z: <https://doi.org/10.1201/9781032669182-2>.

BREQUE, M; DE NUL, L a PETRIDIS, A, 2021. *Industry 5.0 – Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. Publications Office of the European Union. Dostupné z: <https://doi.org/doi/10.2777/308407>.

DU-HARPUR, X.; WATT, F.M.; LUSCOMBE, N.M. a LYNCH, M.D., 2020. What is AI? Applications of artificial intelligence to dermatology. *British Journal of Dermatology*. Roč. 183. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/bjd.18880>.

ELNGOVAN, Uthayan, 2022. *Industry 5.0: the future of the industrial economy*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-032-04127-8.

GEORGE, Tegan, 2023. *Types of Interviews in Research | Guide & Examples*. Online. Scribbr. 2023. Dostupné z: https://www.scribbr.com/methodology/interviews-research/?utm_source=chatgpt.com. [cit. 2025-04-16].

HASSAN, Muhammad Ali; ZARDARI, Shehnala; FAROOQ, Muhammad Umer; ALANSARI, Marwah M. a NAGRO, Shima A., 2024. Systematic Analysis of Risks in Industry 5.0 Architecture. *Applied sciences*. Roč. 14, č. Journal Article, s. 1466. ISSN 2076-3417. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app14041466>.

HUMPHREYS, Declan; KOAY, Abigail; DESMOND, Dennis a MEALY, Erica, 2024. AI hype as a cyber security risk: the moral responsibility of implementing generative AI in business: the moral responsibility of implementing generative AI in business. *Ai and ethics*. Roč. 4, č. 3, s. 791-804. ISSN 2730-5953. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s43681-024-00443-4>.

CHEN, Xiao; EDER, Martin; SHIHAVUDDIN, Asm a ZHENG, Dan, 2021. A Human-Cyber-Physical System toward Intelligent Wind Turbine Operation and Maintenance. *Sustainability*. Roč. 13, s. 561. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/su13020561>.

KNECHTOVÁ, Zdeňka; POKORNÁ, Andrea; PEŠÁKOVÁ, Pokorná a DOLANOVÁ, Dana, c2019. *Kvalitativní výzkum*. Online. MASARYKOVA UNIVERZITA. Metodika ke zpracování závěrečné práce. Dostupné

z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js19/metodika_zp/web/pages/06-kvalitativni.html.
[cit. 2025-04-14].

LAMB, Hilary; LEVY, Joel a QUIGLEY, Claire, 2023. *Jednoduše umělá inteligence*. Universum. Praha: Euromedia Group. ISBN 978-80-242-9293-9.

LENG, Jiewu; ZHU, Xiaofeng; HUANG, Zhiqiang; LI, Xingyu; ZHENG, Pai et al., 2024. Unlocking the power of industrial artificial intelligence towards Industry 5.0: Insights, pathways, and challenges: Insights, pathways, and challenges. *Journal of Manufacturing Systems*. Roč. 73, s. 349-363. ISSN 0278-6125. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2024.02.010>.

MACHADO, Carolina Feliciano a DAVIM, J. P. (ed.), 2023. *Industry 5.0: creative and innovative organizations*. Cham: Springer. ISBN 978-3-031-26231-9.

MOHAJAN, Haradhan, 2019. The First Industrial Revolution: Creation of a New Global Human Era: Creation of a New Global Human Era. Online. *Journal of Social Sciences and Humanities*. Roč. 5, č. 4, s. 377-387. ISSN 2381-7771. Dostupné z: https://mpra.ub.uni-muenchen.de/96644/1/MPRA_paper_96644.pdf. [cit. 2025-04-21].

MOHAJAN, Haradhan, 2020. The Second Industrial Revolution has Brought Modern Social and Economic Developments. Online. *Journal of Social Sciences and Humanities*. Roč. 6, č. 1, s. 1-14. ISSN 2381-7771. Dostupné z: https://mpra.ub.uni-muenchen.de/98209/1/MPRA_paper_98209.pdf. [cit. 2025-04-21].

MOHAJAN, Haradhan, 2021. Third Industrial Revolution Brings Global Development. Online. *Journal of Social Sciences and Humanities*. Roč. 7, č. 4, s. 239-251. ISSN 2381-7771. Dostupné z: https://mpra.ub.uni-muenchen.de/110972/1/MPRA_paper_110972.pdf. [cit. 2025-04-21].

MÜLLER, Julian, 2020. *Enabling Technologies for Industry 5.0 – Results of a workshop with Europe's technology leaders*. Luxembourg: Publications Office. ISBN 978-92-76-22048-0. Dostupné z: <https://doi.org/doi/10.2777/082634>.

OPLETAL, Petr, 2023. *Snímek pracovního dne*. Online. In: CONTROS s.r.o. 12. 12. 2023. Dostupné z: <https://www.contros.cz/blog/snimek-pracovniho-dne/>. [cit. 2025-04-14].

PEDADA, Sowjanya, 2023. *Od surových dat k dokonalosti: Analýza magisterské disertační práce*. Online. Mind The Graph. Dostupné z: <https://mindthegraph.com/blog/cs/disertacni-prace-analyza-dat/>. [cit. 2025-04-14].

PREUSS, Michael, 2016. Return on Investment and Grants: A Review of Present Understandings and Recommendations for Change: A Review of Present Understandings and Recommendations for Change. Online. *Research Management Review*. Roč. 21, č. 1. Dostupné z: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1134098.pdf>. [cit. 2025-04-28].

RIBEIRO, Jorge; LIMA, Rui; ECKHARDT, Tiago a PAIVA, Sara, 2021. Robotic Process Automation and Artificial Intelligence in Industry 4.0 – A Literature review. *Procedia Computer Science*. Roč. 181, s. 51-58. ISSN 1877-0509. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.104>.

SULEIMAN, Zhanybek; SHAIHOLLA, Sabit; DIKHANBAYEVA, Dinara; SHEHAB, Essam a TURKYILMAZ, Ali, 2022. Industry 4.0: Clustering of concepts and characteristics: Clustering of concepts and characteristics. Online. *Cogent Engineering*. Roč. 9. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/23311916.2022.2034264>. [cit. 2025-04-21].

XU, Xun; LU, Yuqian; VOGEL-HEUSER, Birgit a WANG, Lihui, 2021. Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing Systems*. Roč. 61, s. 530-535. ISSN 0278-6125. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Metodika zpracování práce (vlastní zpracování v programu Draw.io)	12
Obrázek 2 – Průběh průmyslových revolucí (upraveno dle Chen et al., 2021)	15
Obrázek 3 – Tři základní pilíře Průmyslu 5.0 (upraveno dle Breque et al., 2021)	19
Obrázek 4 – Výkres výrobního závodu Texglass 2 (podklad Mapy.cz, upraveno)	29
Obrázek 5 – Plán výrobního závodu Texglass 2 (interní dokument, upraveno)	30
Obrázek 6 – Požadavky na výrobu (interní dokument ve Výrobní aplikaci, upraveno)	32
Obrázek 7 – Velkonábal (interní dokument ve Výrobní aplikaci, upraveno)	33
Obrázek 8 – Plán výrovy na linkách (interní dokument ve Výrobní aplikaci, upraveno) ...	34
Obrázek 9 – Naplánovaná výroba v Excel (interní dokument ve Výrobní aplikaci, upraveno)	34
Obrázek 10 – Fronta formátovacích strojů (interní dokument ve Výrobní aplikaci, upraveno)	35

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Cenová kalkulace Varianta I (vlastní zpracování).....	43
Tabulka 2 – Cenová kalkulace Varianta II (vlastní zpracování)	45
Tabulka 3 – Náklady na zlepšení dostupnosti dat a implementaci AI (vlastní zpracování)	47

SEZNAM ROVNIC

Rovnice 1 – Výpočet ROI (vlastní zpracování dle Preuss, 2016).....	43
Rovnice 2 – Výpočet ROI u Varianty I (vlastní zpracování dle Preuss, 2016)	43
Rovnice 3 – Výpočet ROI u Varianty II (vlastní zpracování dle Preuss, 2016)	45

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AI	– Artificial Intelligence (Umělá inteligence)
apod.	– a podobně
atd.	– a tak dále
ERP	– Enterprise Resource Planning (Plánování podnikových zdrojů)
IoT	– Internet of Things (Internet věcí)
IT	– Information Technology (Informační technologie)
např.	– například
popř.	– popřípadě
QR	– Quick Response (Rychlá odpověď, typ čárového kódu)
ROI	– Return on Investment (Návratnost investice)
RPA	– Robotic Process Automation (Robotická automatizace procesů)
tj.	– to jest
UTB	– Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

