

Analýza potenciálu pracovišť pro automatizaci ve vybrané společnosti

Michal Musil

Bakalářská práce
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Michal Musil
Osobní číslo: M21927
Studijní program: B0413P050013 Průmyslové inženýrství
Forma studia: Kombinovaná
Téma práce: Analýza potenciálu pracovišť pro automatizaci ve vybrané společnosti

Zásady pro vypracování

Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

I. Teoretická část

- Zpracujte literární rešerši z oblasti automatizace pracovišť a robotizace.

II. Praktická část

- Provedte analýzu současného stavu úrovně automatizace pracoviště.
- Identifikujte nedostatky a potenciál pro zvýšení automatizace pracovišť na základě analýzy současného stavu.
- Na základě provedené analýzy vypracujte návrh řešení vedoucí ke zvýšení automatizace pracovišť.
- Zhodnotte navrhované řešení.

Závěr

Rozsah bakalářské práce: **cca 40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- BENEŠ, Pavel. *Automatizace a automatizační technika: prostředky automatizační techniky*. Brno: Computer Press, 2014. ISBN 9788025137475.
- KOLÍBAL, Zdeněk. *Roboty a robotizované výrobní technologie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně – nakladatelství VUT IUM, 2016. ISBN 9788021448285.
- USTUNDAG, Alp a CEVIKCAN, Emre. *Industry 4.0: Managing the Digital Transformation*. Springer series in advanced manufacturing. Cham, Switzerland: Springer, 2018. ISBN 9783319578699.
- WILSON, Mike. *Implementation of Robot Systems: an Introduction to Robotics, Automation, and Successful Systems Integration in Manufacturing*. Amsterdam: Elsevier, BH, 2015. ISBN 9780124047334.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lucie Macurová, Ph.D.**
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Datum zadání bakalářské práce: **5. února 2024**
Termín odevzdání bakalářské práce: **17. května 2024**

L.S.

prof. Ing. David Tuček, Ph.D.
děkan

prof. Ing. Felicita Chromjaková, Ph.D.
garant studijního programu

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na elektronickém nosiči v příruční knihovně Fakulty managementu a ekonomiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/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;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/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,

1. že jsem na diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
2. že odevzdaná verze diplomové/bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

Jméno a příjmení:

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá potenciálem automatizace na pracovištích ve vybraném středisku ve společnosti greiner packaging slušovice s.r.o. Hlavní cíl této práce je navrhnout automatizovaný systém s ohledem na identifikované problémy. Na základě komplexní analýzy střediska byla navržena řada různých řešení. Několik z nich bylo vybráno a byl z nich vytvořen návrh automatizovaného systému na celém středisku. Tento návrh je i finančně zhodnocen.

Klíčová slova: výroba, automatizace, robotizace

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the potential of automation at workplaces in a selected manufacturing centre in the company greiner packaging slušovice s.r.o. The main objective of this thesis is to design an automated system with consideration of the identified problems. Based on a comprehensive analysis of the centre, a number of different solutions have been proposed. Several of them were selected and used to design an automated system for the whole manufacturing centre. This proposal has also been financially evaluated.

Keywords: manufacturing, automation, robotisation

Chtěl bych poděkovat všem přednášejícím, kteří našemu studiu obětovali své víkendy a zejména děkuji Ing. Lucii Macurové Ph. D za rady a pomoc při zpracování této práce. Velké díky za vzájemnou výpomoc a oporu patří také kolegům ze studijního oboru.

Díky patří také společnosti greiner packaging slušovice s.r.o. a zejména oddělení Průmyslově procesního inženýrství. Děkuji za to, že jsem byl přijat do kolektivu, děkuji za prostor k realizaci a děkuji za spoustu cenných rad do života. Specifické díky bych chtěl věnovat Ing. Jakubu Dokoupilovi CLog., který byl stěžejní oporou při konstrukci této práce.

Své rodině a přátelům děkuji za dlouhodobou podporu ve všech oblastech života.

To úplně největší díky bych chtěl věnovat Verunce a Kubovi – díky za vaše dlouholeté přátelství, inspiraci a oporu; děkuji za vaši toleranci mého pochybného smyslu pro humor, mých častých stížností na život a příliš četných návštěv na kávu. Díky za to, že mi věnujete svůj čas a učíte mě věci, na které jsem sám při dospívání zapomněl.

OBSAH

ÚVOD.....	9
CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 VÝROBA.....	12
1.1 VÝROBNÍ FAKTORY	12
1.2 VÝSTUPY.....	13
1.3 DĚLENÍ VÝROBY.....	13
1.3.1 Dělení dle míry plynulosti.....	13
1.3.2 Dělení dle množství výroby	13
1.3.3 Další dělení.....	14
2 AUTOMATIZACE	15
2.1 VÝVOJ AUTOMATIZACE	15
2.2 ROZDĚLENÍ AUTOMATIZACE.....	15
2.3 DŮVODY PRO AUTOMATIZACI.....	16
2.4 PROČ SE VYHNOUT AUTOMATIZACI	17
2.5 ÚROVNĚ AUTOMATIZACE	18
2.6 SENZORIKA	19
2.7 ERGONOMIE	20
3 ROBOTIZACE.....	21
3.1 COBOT.....	21
3.2 ROBOTIKA V ČASE.....	21
3.2.1 Historie.....	21
3.2.2 Roboty v moderním světě	22
3.4 VÝHODY PŘI ZAVEDENÍ ROBOTŮ VE VÝROBĚ	24
3.5 BEZPEČNOST	25
4 SHRnutí TEORETICKÉ ČÁSTI.....	26
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	27
5 O SPOLEČNOSTI	28
5.1 ROZDĚLENÍ SPOLEČNOSTI.....	28
5.2 SLUŠOVICE	29
5.3 KONTEXT VYPRACOVANÉ ANALÝZY.....	32
6 ANALÝZA STŘEDISKA TVAROVÁNÍ VÍČEK	33
6.1 PROSTOR NA STŘEDISKU.....	33
6.2 MATERIÁLOVÝ TOK.....	35

6.3	TECHNOLOGIE	36
6.4	ORGANIZAČNÍ STRUKTURA STŘEDISKA TVAROVÁNÍ VÍČEK	38
6.5	PRÁCE	39
6.6	SNÍMEK PRACOVNÍHO DNE	40
6.7	ANALÝZA KARTONŮ	43
6.8	ANALÝZA VÝSTUPŮ	45
6.9	SHRNUTÍ ANALYTICKÉ ČÁSTI	47
6.9.1	Nedostatky a potenciál	48
7	NÁVRHY ZVÝŠENÍ MÍRY AUTOMATIZACE PRACOVIŠŤ	49
7.1	NÁVRHY PRO JEDNOTLIVÁ PRACOVIŠŤE	49
7.1.1	Koupit baličku ke KMD	49
7.1.2	Robotický systém na skládání víček	50
7.1.3	Malé drtiče ke strojům RDM 45	51
7.2	HROMADNÉ NÁVRHY	53
7.2.1	Modernizace strojového parku	53
7.2.2	Použití AGV	53
7.2.3	Unifikace kartonů a zakoupení skládacího stroje	55
7.2.4	Dopravníkový systém	57
7.2.5	End-of-Line paletizace	57
7.3	ZHODNOCENÍ NÁVRHŮ	58
7.4	KOMPLEXNÍ NÁVRH	60
	ZÁVĚR	65
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	66
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	68
	SEZNAM OBRÁZKŮ	69
	SEZNAM TABULEK	70

ÚVOD

V moderních podnicích poskytuje automatizace řešení na problémy jako jsou nedostatek pracovníků, špatné pracovní podmínky nebo zdraví škodlivé pracovní činnosti. Společnosti se tedy uchylují k zavádění výrobních systémů, které přítomnost člověka vyžadují méně.

Tato závěrečná práce se konkrétně zaměřuje na společnost greiner packaging slušovice s.r.o. Cílem práce je návrh řešení, který by znamenal zvýšení míry automatizace na vybraném středisku.

V teoretické části práce budou shrnuty poznatky o výrobě a výrobním procesu, dále základní informace o automatizaci a druzích automatizace a posledním zmíněným tématem je robotizace.

V praktické části práce bude představena vybraná společnost a bude specifikováno konkrétní středisko, které bude ústředním tématem dalšího textu. Analytická část pak bude poskytovat komplexní pohled na fungování vybraného střediska z hlediska prostoru, práce, materiálového toku nebo organizační struktury. Na základě výsledků analýz pak budou navržena různá řešení z oblasti automatizace, která by identifikované nedostatky řešila. Závěrem této kapitoly bude z dílčích návrhů vytvořen jeden kombinovaný, který bude finančně zhodnocen.

CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Hlavním cílem této práce je **návrh systému**, který by zvýšil podíl automatizace na výrobním středisku v dané společnosti.

Dílčím cílem je identifikace specifických nedostatků a problematických míst ve výrobním procesu.

Teoretická část této práce bude zahrnovat poznatky z oblasti výroby a výrobního procesu, automatizace a robotiky.

Před zpracováním hlavního cíle bude představena konkrétní společnost a bude třeba zhotovit komplexní analýzu současného stavu na vybraném středisku. Ta proběhne za užití metod snímkování, rozhovorů s pracovníky, vytvořením procesní mapy, přímým pozorováním, analýzou firemní dokumentace a analýzou layoutů provozu. Identifikované nedostatky budou základním východiskem pro návrhovou část práce.

V poslední části práce budou navrženy jednotlivé možnosti pro zvýšení míry automatizace na středisku. Součástí bude také návrh komplexního automatizovaného systému na středisku, který je hlavním cílem práce.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VÝROBA

Výroba se dle Groovera (2008, s. 40) zabývá transformací materiálu do podoby předmětů větší hodnoty působením výrobních procesů.

Definice nabízena Keřkovským a Valsou (2012, s. 2) zase říká, že je výroba proměna vstupních výrobních faktorů do statků a služeb, které jsou pak určeny k další spotřebě.

Tomek a Vávrová (2014) charakterizují výrobní proces jako nejhodnotnější výsledek cílevědomého lidského chování, který vznikl v transformačním procesu za použití vstupních faktorů.

Flídr (2023) předkládá podobnou definici výroby, ale vyzdvihuje fakt, že je výroba „*životně svázána s obchodem, logistikou, ekonomikou, personalistikou a dalšími oblastmi a činnostmi výrobních firem.*“

1.1 Výrobní faktory

Společnosti ke své hospodářské činnosti potřebují vstupní faktory – základní materiály, ze kterých vytváří své produkty nebo služby. Keřkovský a Valsa (2012, s. 3) dále udávají následující čtyři druhy výrobních faktorů:

- **Přírodní zdroje** – myslí se jimi půda, na které je podnikání vykonáváno, materiály, ze kterých jsou výrobky vytvořeny nebo třeba voda a vzduch.
- **Práce** – lidské zdroje, Keřkovský s Valsou vyzdvihují důležitost kvality managementu.
- **Kapitál** – tento pojem se v podání Keřkovského a Valsy dělí na reálný kapitál (výstupy z výroby, které jsou používány v další výrobě) a na finanční kapitál.
- **Informace**

Groover (2008, s. 40) nabízí více technický pohled na výrobní faktory a jako ty hlavní označuje **strojní zařízení, nářadí, energii a práci.**

Keřkovský a Valsa (2012, s. 3) dále nabízí rozdělení výrobních faktorů na transformované a transformující:

- **Transformující** znamenají činitele výrobních procesů – zařízení a personál.
- **Transformovanými** výrobními faktory jsou materiály, zákazníci a informace.

1.2 Výstupy

Flídr (2023) udává rozdělení výstupů z výrobního procesu na služby a statky:

- **Statky** jsou produkty, které jsou vyráběny za účelem spotřeby nebo směny.
- **Služby** jsou „*úkony, které uspokojují existující poptávku.*“

Shodné rozdělení výroby nabízí i Keřkovský s Valsou (2012, s. 2).

Groover (2008, s. 40) za výstupy z výroby označuje také **odpady** nebo **zbytky**.

1.3 Dělení výroby

Výrobu můžeme dělit dle řady parametrů a v následující části práce budou představeny některé z nich.

1.3.1 Dělení dle míry plynulosti

Groover (2008, s. 44) výrobu dělí dle plynulosti na kontinuální a dávkovou:

- **Kontinuální výroba** dle něj počítá s nepřerušovaným přísunem materiálů a s rovnoměrným výstupem z výrobního procesu.
- **Dávkovou výrobou** označuje tu, která je prováděna ve specifikovaném množství a která lze zastavit.

Keřkovský a Valsa (2012, s.11) nabízejí identické rozdělení výroby dle plynulosti. Jako příklad kontinuální výroby uvádějí produkci elektrické energie nebo zpracování ropy v rafinériích. Typickým příkladem dávkové výroby je dle nich strojírenská výroba.

1.3.2 Dělení dle množství výroby

Rozdělení výroby dle obsahu výroby rozdělují Keřkovský s Valsou (2012, s. 11) následovně:

- **Kusová (malosériová) výroba** – široké portfolio výrobků vyráběných v malém množství na univerzálních strojích.
- **Sériová výroba** – výrobky jsou zhotovovány v dávkách.
- **Hromadná výroba** – jeden druh výrobků ve velkém množství.

Groover (2008, s. 51) nabízí odlišně pojmenované, ale obdobné rozdělení na **malou výrobu** (1 až 100 kusů), **střední výrobu** (100 až 10 000 kusů) a **velkou výrobu** (od 10 000 do milionů kusů).

Tomek a Vávrová (2014) rovněž nabízejí rozdělení na **kusovou, sériovou a hromadnou výrobu**, ale přidávají i **druhovou výrobu a výrobu šarží nebo partií**.

1.3.3 Další dělení

Tomek a Vávrová (2014) se typologií výroby a výrobních procesů zabývají do větší hloubky a nabízejí několik dalších možností členění:

- **Z hlediska řízení zakázek** – dělení dle toho, jestli se výroba uskutečňuje na základě odhadu (prognózy) budoucích zakázek nebo na základě reálně obdržených zakázek.
- **Dle využití technických zařízení** – dělení dle vlastností výrobních zařízení.
- **Z hlediska technicko-výrobního zaměření** – dělení na prvovýrobu (získávání surovin), druhovýrobu (přetvoření základních surovin), dělení, montáž a další.
- **Z hlediska časové struktury** – dělení dle „*různých atributů časové struktury*.“
- **Z hlediska prostorové struktury** – dělení dle uspořádání výroby na technologické nebo předmětné.

2 AUTOMATIZACE

Groover (2008, s. 85) definuje automatizaci jako technologii, díky které je procedura nebo proces zhotoven bez asistence člověka.

Podobnou definici uvádí i Unstundag a Cevikcan (2018, s. 140), kteří tvrdí, že automatizace je použití inteligentních strojů k minimalizaci zásahů člověka do výrobního procesu.

Beneš (2014, s. 12) říká, že automatizace je „*vývoj techniky, při kterém se užívá samočinně pracujících technických zařízení k osvobození člověka jak od fyzické, tak především od duševní práce.*“

2.1 Vývoj automatizace

Groover (2008, s. 86) ve svém exkurzu do historie automatizace představuje pět důležitých milníků v jejím vývoji:

- **Základní mechanické nástroje** – vynález kola, páky, rumpálu nebo šroubů.
- **Základní zdroje energie** – použití základních nástrojů pro stavbu větrných nebo vodních mlýnů a v osmnáctém století pak vynález parního stroje.
- **Základní kontrolní prvky** – Jacquardův tkalcovský stav vynalezený v roce 1800 používal děrové štítky pro tvorbu různých vzorů pláten; jednalo se tedy o první programovatelný stroj.
- **Období do roku 1945** – postupný vývoj všech tří základních prvků automatizovaného systému.
- **Období od roku 1945** – automatizovaná řešení začala dostávat moderní podobu a docházelo k rozvoji a inovacím v oblasti výpočetní techniky.

Wilson (2018, s. 4) se rovněž věnuje historii automatizace a jako počátky moderní automatizace jmenuje parní motor, Jacquardův tkalcovský stav, technologie Henryho Forda a první počítače.

2.2 Rozdělení automatizace

Dle Groovera (2008, s. 25) můžeme automatizaci klasifikovat do třech základních skupin:

- **Pevnou automatizací** se myslí systém, který má fixně danou sekvenci pohybů a činností, vytvořenou z velkého množství jednotlivých akcí. Obecnými znaky fixní

automatizace jsou vysoké pořizovací ceny, využití ve velkoobjemové výrobě a nevelká schopnost pokrýt odlišnou výrobu. Mezi hlavní argumenty pro pořízení tohoto typu automatizace je rozprostření ceny celého systému mezi velké množství výrobků.

- **Programovatelný automatizovaný systém** je prvotně navrhován se schopností měnit sekvence operací, které vykonává. Jeho funkce je řízena programem, který může být modifikován, aby dosahoval nových výsledků. Programovatelné systémy se vyznačují vysokou cenou vybavení, měly by být využívány ve výrobě s menšími sériemi, schopností poradit si s variacemi a vysokou vhodností pro dávkovou výrobu.
- **Automatizovaný systém flexibilní** je takový, který je schopný produkovat širší portfolio výrobků bez nutnosti zásahu člověka a přetypování. Čas na přestavby je tedy minimální. I pro takový systém je však užitečné, aby se části výrobků, se kterými pracuje příliš nelišily. Poznávacími znaky flexibilních automatizací jsou taktéž vysoká cena vybavení, schopnost kontinuální produkce rozdílných výrobků, střední výrobní rychlosti a vysoká míra flexibility pro různé typy produktů.

Wilson (2015, s. 5) rozděluje automatizaci na pevnou a měkkou. Pevná automatizace se dle něj zaměřuje výhradně na specifickou činnost a z tohoto důvodu je vysoce optimalizovaná pro výkon této činnosti. Nejsilnější stránkou měkké automatizace je pak její flexibilita.

2.3 Důvody pro automatizaci

Groover (2008, s. 28) nabízí následujících devět důvodů, proč by měly podniky přistoupit k automatizaci:

- **Zvýšení produktivity práce** – zvýšení míry automatizace s sebou většinou nese zvýšení efektivity podniku a tím vyšší výstupy z výroby a tržby.
- **Snížení nákladů na práci** – cena za lidskou práci v moderním světě stále roste, a proto je náhrada stroji v dlouhodobém hledisku výhodnější.
- **Řešení nedostatku pracovní síly** – v dnešní době se velké podniky potýkají s nedostatkem pracovníků pro výrobu.
- **Eliminace manuální práce** – automatizace snižuje množství nudných, unavujících nebo rutinních činností.

- **Zvýšení bezpečnosti pracovníků** – díky automatizaci může být pracovník převeden do role pozorovatele anebo může být z procesu odvolán kompletně, čímž se zvýší jejich bezpečí.
- **Zvýšení kvality výrobků** – výsledky automatizovaných činností jsou více jednotné a mají menší tendence k chybovosti.
- **Snížení lead-time** – urychlení výroby, které je s automatizací spojeno, vede ke konečnému snížení času, ve kterém se zboží dostane k zákazníkovi.
- **Vykonání složitých procesů** – konkrétně jsou myšleny pracovní úkoly, které zkrátka není možné vykonat člověkem. Jedná se o precizní úkoly, práce v miniaturních rozměrech nebo s přespříliš komplexní geometrií.
- **Konkurenceschopnost** – výhody automatizace se mohou projevit i v nečekaných oblastech – lepší image společnosti, spokojenější zaměstnanci, vyšší prodeje.

2.4 Proč se vyhnout automatizaci

Groover (2008, s. 29) také hodnotí opačnou stranu a předkládá šest situací, ve kterých by bylo lepší hledat neautomatizovaná řešení:

- **Příliš složitý úkol** – některé úkoly a procesy jsou na běžného průmyslového robota příliš složité. Může se jednat o problémy se špatným prostorovým přístupem anebo úkoly, kde je potřeba spolehnout se na vlastní uvážení.
- **Krátký životní cyklus produktu** – automatizovaná metoda výroby je nákladná a její vývoj může trvat delší dobu; lidská práce lze zavést jednodušeji a rychleji.
- **Zakázkový produkt** – v případě požadavku na jedinečný produkt, kdy je lidská práce výhodnější z hlediska flexibility a adaptability.
- **Nerovnoměrná poptávka** – rovnání nepoměrů v poptávce je jednodušší skrze manuální práci.
- **Riziko selhání produktu** – v případě nezavedeného produktu je zbytečné pořizovat drahá automatizovaná zařízení, k tomuto kroku je vhodné přistoupit až později.
- **Nedostatek kapitálu** – menší společnosti mohou mít nedostatek financí na pořízení automatizovaných zařízení, nebo mohou své zdroje investovat jiným směrem.

2.5 Úrovně automatizace

Groover (2008, s. 100) nabízí rozdělení automatizace dle stupně výroby, na kterém je aplikována:

- **Úroveň zařízení** – tento stupeň automatizace zahrnuje převážně jednotlivé prvky na jednom stroji nebo pracovišti. Konkrétně se pak jedná o senzory, akční členy a ostatní zařízení na úrovni stroje. Tato zařízení vylepšují fungování stroje a zejména pak zvyšují bezpečnost práce na něm.
- **Úroveň stroje** – automatizace na této úrovni je součástí základních funkcí stroje – stroj byl sestaven s předpokladem, že jeho funkce bude automatizována. Specificky můžeme jmenovat CNC systémy strojů, průmyslové roboty nebo například automaticky vedená vozidla (AGV). Zařízení na této úrovni obecně plní dané sekvence úkolů ve svém programu.
- **Úroveň buňky** – tato úroveň znamená skupinu strojů, které mají některé společné prvky. Obvykle jsou spojeny obdobnou technologií, informačním systémem a dále jsou například obsluhovány podobnými toky materiálů.
- **Úroveň závodu** – systém na této úrovni získává informace z vyšších úrovní (zařízení, stroj, buňka) a překládá je v použitelné plány výroby. Plánuje procesy, kontroluje stavy zásob a řídí kvalitu.
- **Úroveň společnosti** – na nejvyšší úrovni řízení může být automatizován pouze informační systém. Ten se zabývá všemi informacemi, které může vrcholový management používat k řízení a rozhodování. Zahrnuje informace o marketingu a prodeji, účetnictví atd.

Unstundag a Cevikcan (2018, s. 44) předkládají odlišný přístup k různým úrovním automatizace. Pod pojmem „úzká automatizace“ nabízejí přehled úrovní automatizace na obecném výrobním stroji. Autoři identifikovali čtyři obecné činnosti a různé úrovně automatizace pak určili dle toho, kolik z nich vykonává operátor manuálně a kolik z nich je strojově automatizovaných. V prvním úrovni automatizace operátor vkládá vstupní materiál do stroje, manuálně provede výrobní cyklus, výstup ze stroje vyjme a pak jej manuálně transportuje. Na páté úrovni je každá z těchto činností vykonána automaticky. V následující tabulce jsou pak naznačeny ostatní úrovně a specifické informace.

Tabulka 1 Úroveň automat. stroje (Unstundag a Cevikcan, 2018, s. 44, vlastní úprava)

Úroveň automatizace	Plnění stroje	Výrobní cyklus	Odebírání ze stroje	Převoz výrobků
1	Manuální	Manuální	Manuální	Manuální
2	Manuální	Automatické	Manuální	Manuální
3	Manuální	Automatické	Automatické	Manuální
Velký zlom				
4	Automatické	Automatické	Automatické	Manuální
5	Automatické	Automatické	Automatické	Automatické

V tabulce 1 je označen „velký zlom“. Autoři Unstundag a Cevikcan (2018, s. 44) jej označují za místo, ve kterém dochází k razantnímu navýšení nákladů, konkrétně k cenám údržby, zařízení samotného nebo celkovým cenám na vyprojektování řešení. Také předkládají myšlenku, že od tohoto bodu dál flexibilita automatizačního systému klesá.

2.6 Senzorika

Beneš (2014, s. 35) popisuje senzory jako prvky, které informují o stavu a činnosti technického zařízení. Dle jeho definice převádějí senzory informace mezi technickým zařízením a jeho řídicím systémem.

Beneš (2014, s. 5) konkretizuje základní druhy senzorů zobrazené v následující tabulce 2.

Tabulka 2 Druhy senzorů a poskytovaná data (Beneš, 2014, s. 5, vlastní úprava)

Druh snímače	Popis
Snímače polohy, rychlosti a zrychlení	Poskytují informace na základě mechanického pohybu.
Snímače síly, tlaku a tlakové difference	Poskytují informace o síle nebo tlaku ve zvolené části stroje.
Snímače průtoku tekutin	Poskytují informace o množství tekutiny protečené zvoleným průřezem za časovou jednotku.
Snímače hladiny	Poskytují informace o hladině kapalin nebo sypkých látek.
Snímače teplot a tepelného množství	Poskytuje informace o teplotě na dané ploše nebo v daném systému.
Snímače vlastností kapalin a plynů	Poskytují informace o hustotě, vlhkosti, vodivosti nebo chemických vlastnostech kapalin a plynů.
Snímače optických veličin	Poskytují informace o druhu záření dopadající na snímač.
Snímače magnetických veličin	Poskytují informace o vlastnostech feromagnetických materiálů.

2.7 Ergonomie

Vztah mezi člověkem, strojem a jejich prostředím se nazývá ergonomie. Kolíbal (2018, s. 751) tvrdí, že ergonomicky správně nastavené pracoviště je zohledňováno ze čtyř hledisek: antropometrického, fyziologického, hygienického a psychofyziologického. Dále představuje vlastnosti správně nastaveného pracoviště:

- **Přehledné** – mělo by mít optimální zorné podmínky (rozhled, přehled, výhled atd.).
- **Pohodlné** – správná pracovní poloha, dostatečná velikost prostoru, vhodné pohyby.
- **Účelně uspořádané** – ovládací prvky a další zařízení musí být umístěny příhodně.
- **Hygienické** – optimální osvětlení, příznivé akustické podmínky, pořádek a čistota.
- **Bezpečné** – zajištění ochrany proti úrazům.
- **Estetické** – výtvarně dořešené prostředí, které vzbuzuje kladné emotivní pocity.

Kolíbal (2018, s. 744) dále ve své knize o robotice popisuje následující příčiny ergonomických nebezpečí:

- **Nevhodně umístěné ovládací panely.**
- **Nevhodně navržená vstupně-výstupní rozhraní.**
- **Nevhodně navržené souhlasné povelové zařízení.**
- **Nevhodné umístění a označení ovládačů.**
- **Nevhodné umístění součástí vyžadující častější přístup obsluhy.**
- **Nevhodné místní osvětlení.**

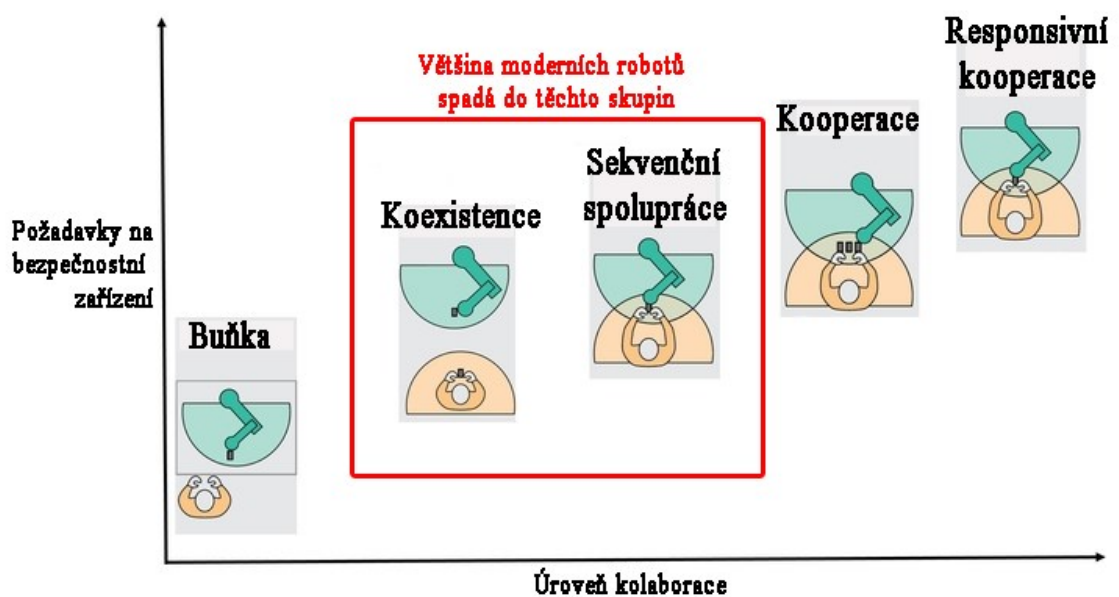
3 ROBOTIZACE

Wilson (2015, s. 7) definuje průmyslového robota jako automaticky vedený, přeprogramovatelný, multifunkční manipulátor pohyblivý ve třech nebo více osách, který může být pohyblivý anebo fixován na místě.

Kolíbal (2018, s. 43) nabízí odlišnou definici. Robot je dle něj „*manipulační mechanismus, který vykonává úkony blíží se typickým úkonům člověka, a tyto úkony vykonává s „lidskou“ obratností.*“

3.1 Cobot

Dle Mezinárodní federace pro robotiku (IFR.org, © 2024) je kolaborativní robot (Collaborative Robot – cobot) zařízení, které spolupracuje s pracovníky ve výrobním prostředí. Při použití tohoto typu robota federace vyzdvihuje bezpečnost.



Obrázek 1 Typy kolaborace robotů (IRF, 2024)

3.2 Robotika v čase

V následující části textu bude okomentován vývoj robotů a budou představena moderní robotická řešení.

3.2.1 Historie

Kolíbal (2018, s. 20) na počátku své knihy hovoří o tom, že snaha o zapojení strojů do běžných lidských činností je stará téměř jako lidstvo samo. Se znalostí historie není velkým

překvapením, že první zprávy o samohybných mechanismech pocházejí z Dálného východu a z antického Řecka. V tomto období se však jednalo o figuríny a zařízení, která měla upoutat pozornost diváků při divadelních hrách. Mezi specifické historické osobnosti můžeme zmínit Héróna Alexandrijského anebo geniálního umělce a vynálezce Leonarda da Vinciho. Zájem o automatizované stroje v Evropě pocítil výrazný vzrůst v pozdním středověku – zejména s mechanickými hodinami a orloji. V 18. století vznikaly dokonce samohybné mechanické hračky. V tomtéž období docházelo k rozvoji automatů, které pracovaly s akustikou – samočinně hrající nástroje nebo mluvící figuríny.

3.2.2 Roboty v moderním světě

Wilson (2015, s. 6) tvrdí, že rozmach vědeckofantastické literatury v řadě lidí zakořenil představu o robotech, kteří jsou podobní člověku.

Společnost Boston Dynamics (Boston Dynamics, © 2024) v posledních třiceti letech předvádí četné příklady toho, jak by mohli roboti jednou vypadat. Ačkoliv se tato společnost zabývá i standardnějšími problémy v oblasti robotizace (např. robotická ramena nebo automatizace skladů), tak největší ohlas veřejnosti vzbudila svými nadčasovými produkty Spot a Atlas:

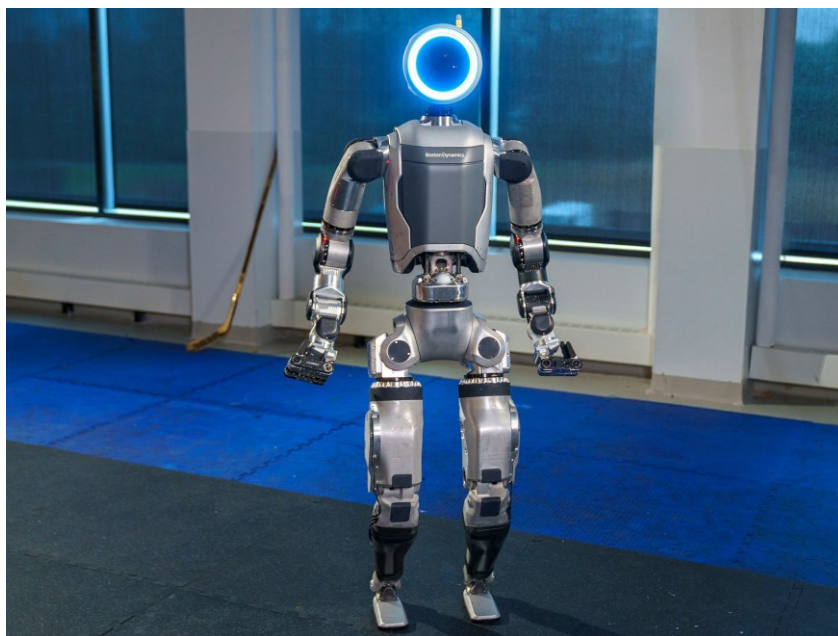
- **Model Spot** je typ robota, který svým vzhledem nejvíce připomíná psa. V současnosti se jedná o komerčně prodávaný model, který stojí v základní verzi 75 tisíc dolarů. Spot je dlouhý 1,1 metru a 0,5 široký a celý váží 33 kg. Jeho reálné využití ve výrobní sféře může zahrnovat různé druhy kontroly (vizuální, teplotní nebo akustickou), zvyšování bezpečnosti práce (např. může zacházet s nebezpečnými látkami) anebo sběr dat ve výrobě (tvorba digitálního dvojčete,



Obrázek 2 Model Spot (Boston Dynamics, 2024)

informace o provozu). Díky své konstrukci je tento robot schopen zdolávat schody a v určité modifikaci si dokonce umí otevřít dveře.

- Druhým pozoruhodným modelem, který společnost Boston Dynamics vyvíjí je **Atlas**. V dubnu 2024 byla veřejnosti představena nová generace tohoto humanoidního robota. Ve svém současném stavu se však stále jedná spíš o nástroj pro přitáhnutí pozornosti a o ukázkou toho, jak může vypadat budoucnost. Model není uvolněn do prodeje a dokáže vykonávat pouze specificky naprogramované příkazy v bezpečném prostředí. I přesto je skvělou ukázkou toho, jak může být kinematika robotů pokročilá. Nová verze tohoto robota je plně elektronická a nefigurují v ní žádné hydraulické části, jak tomu bylo doposud. Atlas měří 1,5 m a váží 90 kg.



Obrázek 3 Model Atlas (Boston Dynamics, 2024)

3.3 Vlastnosti robotů

Kolíbal (2018, s. 47) definuje řadu aspektů, dle kterých by mělo docházet k posuzování vhodnosti robotických zařízení:

- **Morfologie robotu.**
- **Vlastní velikost a hmotnost.**
- **Velikost obsluhovaného prostoru.**
- **Hmotnost břemene.**
- **Dosahovaná přesnost.**

- **Rychlost pohybů.**
- **Způsob pohonu.**
- **Druh servopohonů.**
- **Způsob odměřování.**
- **Způsob a rozsah vnímání.**
- **Způsob řízení a komunikace s okolím.**
- **Autonomnost robotu.**

3.4 Výhody při zavedení robotů ve výrobě

Wilson (2016, s. 35) definuje následující výhody zavedení robotů do výroby:

- **Snížené výrobní náklady** – konkrétně hovoří o variabilních nákladech spojené se mzdami pracovníků, náklady na jejich zapracování a bezpečnost; dále nabízí myšlenku snížení energetických nákladů, z důvodu konzistentní práce robotů.
- **Zvýšení kvality produktů a konzistence** – na rozdíl od lidí se robot neunaví, neznudí anebo nerozptýlí – při soustavné dodávce materiálu a správném seřízení jsou výstupy jeho práce stejné.
- **Zvýšení kvality pracovního prostředí** – část strojních zařízení za lidi přebírá odpovědnost za nebezpečné, náročné nebo špinavé práce.
- **Zvýšení výstupu** – konzistentní práce robotů již byla zmíněna, jejich okamžitá připravenost na práci snižuje prostoje.
- **Zvýšení výrobní flexibility** – z automatizačních technik jsou roboti snad ti nejvíce flexibilní; je ale třeba mít na paměti, že lidský operátor má obecně vyšší flexibilitu než jakýkoliv stroj.
- **Snížení plýtvání materiálu a zvýšení výnosnosti** – opět se vracíme ke konzistenci ve výrobě – robot udělá vždy všechno stejně, a tak neplýtvá materiály; například robotizovaná stanice na svařování vytvoří svár přesné velikosti bez přesahu.
- **Zvýšení bezpečnosti na pracovišti** – už bylo zmíněno, že roboti mohou zastávat nebezpečné práce a zvyšují tím bezpečnost pracovníků; odstraněním pracovníků z výrobního procesu se rovněž sníží šance na nehody.

- **Snížení obratu pracovníků** – eliminací repetitivních, nudných nebo zdravý škodlivých činností bude vést ke zlepšení pracovního prostředí a v důsledku toho jich bude ze společnosti méně odcházet.
- **Snížení investičních nákladů** – ačkoliv je pořízení robotického zařízení finančně nákladné, z dlouhodobého hlediska může investiční náklady šetřit – robot může na jiných zařízeních pracovat rychleji a bez zastavení a nebude tedy potřeba kupovat nové zařízení pro pokrytí kapacit.
- **Snížení prostorových nároků** – pracovní schránky robotů mohou být velké, ale obecně potřebují k vykonání své činnosti menší prostor než člověk; rovněž mohou být umístěny v různých výškách a na různých typech povrchu (např. na zdech).

3.5 Bezpečnost

Kolíbal (2018, s. 738) tvrdí, že konstruktér robotizovaného systému musí ovládat soubor technik a postupů, kterými dosáhne u vyvíjeného robotického systému adekvátní úrovně ochrany veřejných zájmů. Dále Kolíbal popisuje nebezpečí různých druhů z hlediska robotiky – mechanická, elektrická, tepelná, akustická, vibrační, vytvořena zářením, vytvořena nebezpečnými látkami a materiály, ergonomická, enviromentální, a nakonec varuje před kombinací různých druhů. Nakonec nabízí přehled bezpečnostních norem, například ČSN EN ISO 10218, která se specificky zabývá bezpečností průmyslových robotů.

4 SHRNUÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

V teoretické části této práce byla provedena literární rešerše ze třech oblastí.

Jako první byl představena výroba a výrobní proces. Byly definovány vstupní výrobní faktory a výstupy z procesů. Dále se kapitola věnovala rozdělení výroby.

V druhé části kapitoly bylo představeno téma automatizace. Kapitola se dále věnovala vývoji automatizace, rozdělení automatizace, ergonomie, důvodům pro a proti využití automatizace.

Poslední část teoretické práce je zaměřena na robotiku, její historii, výhody zavedení robotizovaných systémů a bezpečnosti.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 O SPOLEČNOSTI

Zpracování praktické části této bakalářské práce probíhalo ve společnosti greiner packaging Slušovice s.r.o.

Tento závod je součástí rakouského holdingu Greiner AG, jehož historie začala už v roce 1868. Za dobu své existence společnost prošla několika historickými milníky a některé z nich budou představeny: (Greiner AG, © 2022)

- **1899** - otevření továrny v Kremsmünsteru, na stejném místě se dnes nachází hlavní sídlo společnosti
- **1921** – otevření prvního mimoevropského závodu v Chile
- **1962** – výroba prvního obalového materiálu na potraviny
- **1989** – transformace do současné podoby holdingu Greiner AG
- **2011** – odstoupení rodiny majitele z vedení společnosti
- **2022** – vstup do odvětví recyklace

V roce 2023 měla společnost 10 544 zaměstnanců v 33 různých zemích světa. Celkový obrat koncernu činil 2,11 miliardy eur a od roku 2022 došlo k meziročnímu poklesu o cca 10 %.

5.1 Rozdělení společnosti

Společnost se dělí do tří základní divizí a každá z nich má své další obchodní jednotky (business unit). (Greiner AG Annual and Sustainability Report 2023, © 2024):

Divize **Greiner Packaging International** je zaměřena na vytváření obalů a technických dílů z plastů. V roce 2023 byl obrat této divize 845 milionů eur a bylo v ní zaměstnáno 4 892 pracovníků. Dělí se na dvě následující obchodní jednotky.

- **Packaging business unit** – primární zaměření této obchodní jednotky je vytváření obalových materiálů – ať už pro potraviny nebo jiné výrobky. Typickými výrobky jsou kelímky, lahve nebo víčka. Do této jednotky spadá i Slušovický závod, který bude popsán v následující části práce.
- **Assistec business unit** – produkty z této obchodní jednotky spadají do kategorie technických dílů, které nachází využití v domácnostech, ve vědě nebo třeba v automotive

Chemickému, biotechnologickému a zdravotnickému odvětví se věnuje divize **Bio-One**. Její výrobky jsou používány zejména pro diagnostiku a ve farmaceutickém průmyslu. Její obrat za rok 2023 činil 637 milionů eur a bylo v ní zaměstnáno 2 659 lidí. Dělí se na tyto tři obchodní jednotky.

- **Preanalytics** – zabývá se výrobou nástrojů pro odběry krve a moči
- **BioScience** – zaměření této jednotky je produkce zejména laboratorního vybavení
- **Mediscan** – tato jednotka se zabývá výrobky související s desinfekcí ve zdravotnictví nebo potravinářství

Nejnovější divizí v rámci koncernu je **Neveon**, která se zabývá vytvářením polyuretanové pěny a výrobků z ní. V roce 2023 měla tato část koncernu obrat 641 milionu eur a zaměstnávala 2 800 pracovníků. Své výrobky dodává do třech segmentů trhu a obchodní jednotky má nastaveny v souladu s nimi.

- **Living&Care** – obchodní jednotka zaměřující se na tvorbu pěny pro domácnosti – matrace, polštáře, čalounění nábytku.
- **Mobility&Specialties** – segment Mobility zahrnuje primárně výrobu pěny do autobusů, vlaků nebo letadel; trhový segment Specialties je pak zaměřen více technicky na pěnu pro využití v tepelné izolaci, v akustice nebo třeba ve filtrování

5.2 Slušovice

Areál slušovického závodu se skládá ze čtyř hlavních budov znázorněných na schématu níže.



Obrázek 4 Schéma budov slušovického greineru (vlastní zpracování)

V interní dokumentaci společnosti jsou jednotlivé budovy popsány následovně.

Budova **AB** je sídlo top-managementu a většiny administrativních pracovníků ve společnosti (AB – administrativní budova). Části budovy, ve které nejsou kanceláře a reprezentativní prostory jsou používány jako sklady materiálů a drtí.

Budova označena **M&M** se bývalým sídlem společnosti Mould&Matic. Ta se zabývala primárně výrobou a údržbou strojních zařízení, které se používají v greineru. Dnes tato společnost už neexistuje a jejich výrobní prostory jsou využívány jako tréninkové centrum a prostory pro generální opravy strojů.

Ve dvou objektech **EBM**, který je od zbytku areálu oddělen pozemní komunikací v současnosti výroba neprobíhá. Technologie extruzního vyfukování (*extrusion blow moulding*) byla z důvodu své ne hospodárnosti zrušena a strojní zařízení byla prodána nebo přesunuta do jiných závodů v rámci koncernu. V roce 2024 v tomto objektu ale probíhají rozsáhlé přestavby a po jejich dokončení se stane domovem společnosti Cardbox packaging, která byla založena jako partner greineru, který se zabývá tvorbou kartonů a jiných možností papírového balení.



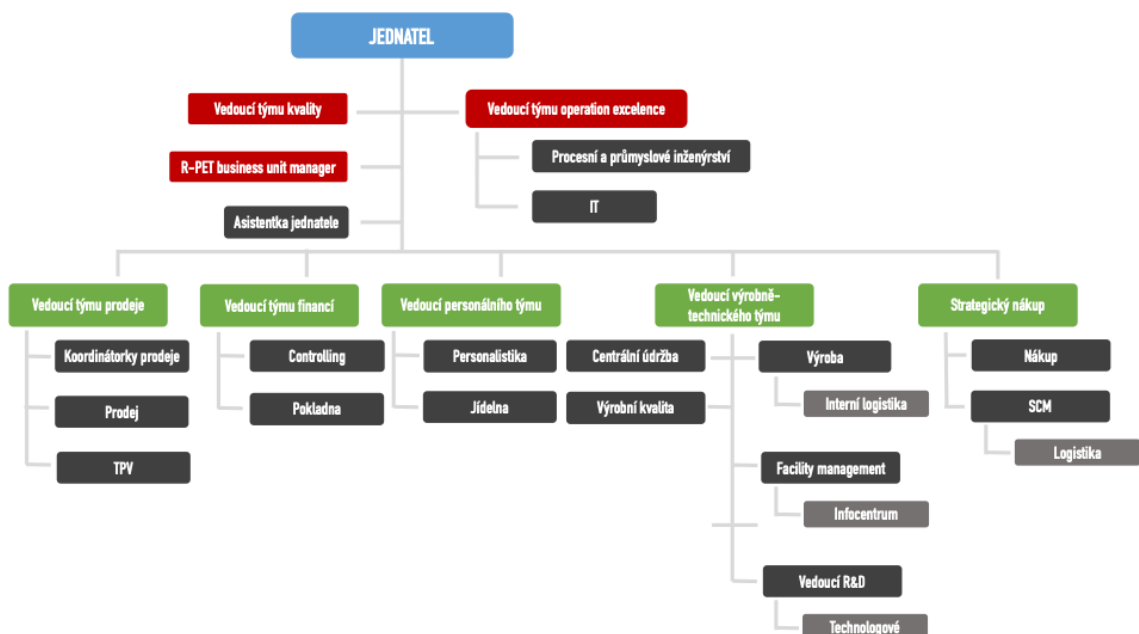
Obrázek 5 Vizualizace nové úpravy budov (interní materiály společnosti)

Provoz K je komplex spojených hal různých velikostí, ve kterých probíhá výroba. Z hlediska prostorového plánování tato nesourodost často přináší problémy – haly mají překlady v různých výškách, stěny nemají stejnou šířku a některé haly mají například rozdílně vysoké podlahy. Součástí tohoto komplexu jsou i šatny, jídelna nebo také sklady a expedice. V objektu se lze orientovat dle označení jednotlivých hal, ale nejvíce vypovídajícím je rozdělení dle výrobních technologií.

- **Extruze** – na tomto středisku se tavením granulátu a vytlačováním této taveniny vytvářejí fólie, které jsou základním polotovarem pro další výrobky

- **TVK** – středisko tvarování kelímků vytváří z fólie pomocí tvarovacích zařízení jednotlivé kelímky
- **TVV** – obdobně se na středisku tvarování víček tvoří jednotlivá víčka
- **K1 (Potisk)** – jedná se o první typ dekoračních technologií, spočívá v přímém tisku na povrch plastového kelímku pomocí technologie suchého ofsetu; středisko také zahrnuje etiketování víček
- **K2 (Sleeve)** – druhá tyto dekorací spočívá v aplikaci plastového rukávku na výrobek a jeho následném smrštění za účinků tepla
- **K3** – třetí typ dekoračních technologií dbá na ekologii; spočívá v nalepení kartonového segmentu (případně dna) na povrch tenkostěnného kelímku
- **Sklady** – jedná se o prostory určené k uchovávání hotové výroby, zbytkových materiálů z výroby nebo odpadů; součástí skladů jsou pak i expediční rampy a baličky

Oddělení procesního a průmyslového inženýrství, skrze které je následující práce vypracována nově spadá pod tým „Operation Excellence“, na následujícím obrázku 6 je zobrazena organizační struktura firmy.



Obrázek 6 Organizační struktura firmy (interní materiály společnosti)

5.3 Kontext vypracované analýzy

Boj s nedostatkem pracovních sil vede společnost k potřebě zvýšení míry automatizace. To může být prováděno v různých úrovních, jak je zmíněno v kapitole 2. 5. Potřeba následující analýzy vznikla ze záměru společnosti provádět automatizaci na úrovni středisek. V současné době probíhá na středisku **tvárování kelímků** realizace rozsáhlého projektu automatizace, který se ve své navrhovací části potýkal s nedostatkem informací, neznalostí procesů a s nepřesnostmi v prostorovém rozložení.

Tento rozsáhlý projekt zároveň slouží jako referenční vzor a rámec, ve kterém by bylo možné navrhnout případnou automatizaci na ostatních střediscích. V současné době probíhá jeho realizace a činnosti, které zahrnuje, by šly rozdělit do čtyř oblastí:

- **Stavební úpravy** – bylo nutné provést řadu stavebních úprav, které se potýkaly s již zmíněnými nerovnostmi, které jsou způsobeny různorodostí výrobních hal.
- **Nové kovové konstrukce** – nový automatizovaný systém byl z prostorových důvodů navrhnout ve výšce 4 m, bylo tedy nutné navrhnout a vytvořit konstrukci, která by ho unesla.
- **Rozsáhlý dopravníkový systém** – hlavním prvkem tohoto systému jsou válečkové dopravníky, které stroje zásobují poskládanými prázdnými krabicemi a zároveň z nich odebírají krabice naplněné polotovary; ty jsou pak transportovány na zalepovací a kontrolní stanici a v další fázi budou dopravovány až do skladu.
- **Propojení různých druhů zařízení** – v rámci tohoto automatizovaného řešení došlo k propojení stroje na skládání kartonů, tvarovacích strojů na kelímky, stroje na lepení krabic a ve finální části pak pracoviště automatické paletizace.

Ačkoliv je projekt v květnu 2024 stále nedokončený, společnost přemýšlí o dalších možnostech automatizace. Vzhledem k tomu, že byl slušovický závod v roce 2021 jmenován do funkce kompetenčního centra pro výrobu víček, tak se nejvhodnějším kandidátem pro další automatizaci stalo právě středisko **tvárování víček**, kterému se bude věnovat následující část této práce. Zároveň jsou tato střediska z technologického hlediska obdobná a u některých již zavedených nápadů, by mohla stačit pouhá modifikace, která by dovolila jejich uplatnění na středisku TVV.

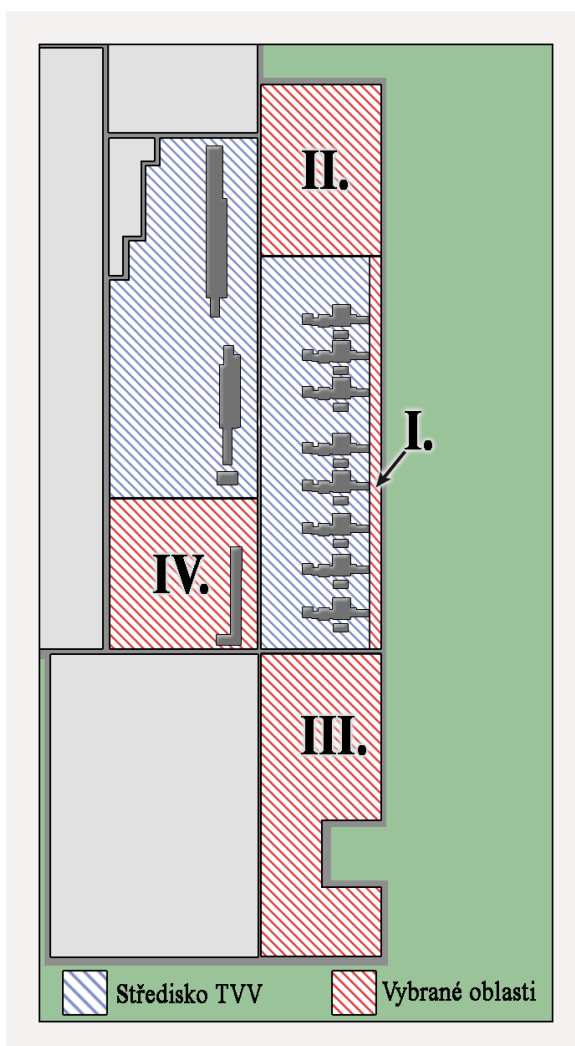
6 ANALÝZA STŘEDISKA TVAROVÁNÍ VÍČEK

V následující části textu bude proveden popis a analýza střediska z informací, které jsou již dostupné nebo obecně známe v rámci společnosti.

6.1 Prostor na středisku

Využití automatizačních technik s sebou nese ve většině případů požadavky na prostor. Může se jednat o prostor pro nová zařízení, pro přídatné moduly, prostor na údržbu, manévrovací prostor pro AGV anebo prostor pro pracovní schránky robotů, které jsou nezbytné pro zvýšení bezpečnosti.

Z těchto důvodů je tato kapitola věnována charakteristice současného prostoru střediska TVV a rovněž bylo v rámci tohoto popisu definováno několik problematických a pro případnou automatizaci důležitých oblastí. Na následujícím obrázku 7 je zobrazen současný



Obrázek 7 Schéma střediska TVV (interní materiály společnosti, vlastní úprava)

stav pozorovaného střediska a zároveň jsou vyznačeny zmiňované zóny, jejichž popis je umístěn níže v textu.

Na provozu K není prostor, který by mohl celé středisko TVV pojmout v jeho současné podobě. Je umístěno do jedné z okrajových částí celého provozu a stroje, které se do této budovy nevlezly jsou umístěny v jejich těsné blízkosti.

Prostor, ve kterém je umístěno osm tvarovacích strojů má rozměry 45,7 m na 13,6 m a jeho vnitřní výška je 4 m. Jedná se o jednu z původních výrobních hal, která má také oproti ostatním zvednutou podlahu (vstup je vyřešen rampou). Umístění novějších strojů do tohoto prostoru by v jeho současném stavu bylo poměrně komplikované hlavně kvůli jeho výšce.

Sekundární prostor střediska, ve kterém jsou instalovány dva nejnovější stroje, je výrazně modernější a vhodnější pro výrobu. Půdorys tohoto prostoru není pravidelný, ale zjednodušeně můžeme říct, že má 46,2 m na 17,6 m. Výška stropů je v tomto prostoru bezproblémová pro veškerá moderní zařízení – 6 m. Ze schématu můžeme vidět, že prostor není plně využíván. Prakticky se v něm nachází desítky stojanů s fólií pro testování a je také naplánováno, že do volného prostoru přibude nový stroj.

Dohromady tyto výrobní prostory zabírají **1380 m²**, což dělá zhruba **8 %** plochy celého provozu K.

Na ploše, která pod středisko TVV spadá je specifikována **zóna I**. Jedná se o úzký koridor, mezi výstupními zásobníky strojů RDM 45 a zdí. Při současném layoutu střediska by jeho využití bylo nezbytné, ale zároveň poměrně komplikované. Eliminace nebo alespoň úprava tohoto prostoru je také nemožná – stroje z technologických důvodů nejdou přesunout blíže k druhé straně místnosti a stavební úpravy (rozšíření) nejsou možné z důvodu přítomnosti cesty k expedičním rampám, bezprostředně za stěnou haly. V tomto prostoru jsou rovněž naskládány kartonové krabice, které ho blokují a v současné době znemožňují průjezd jakékoliv techniky.

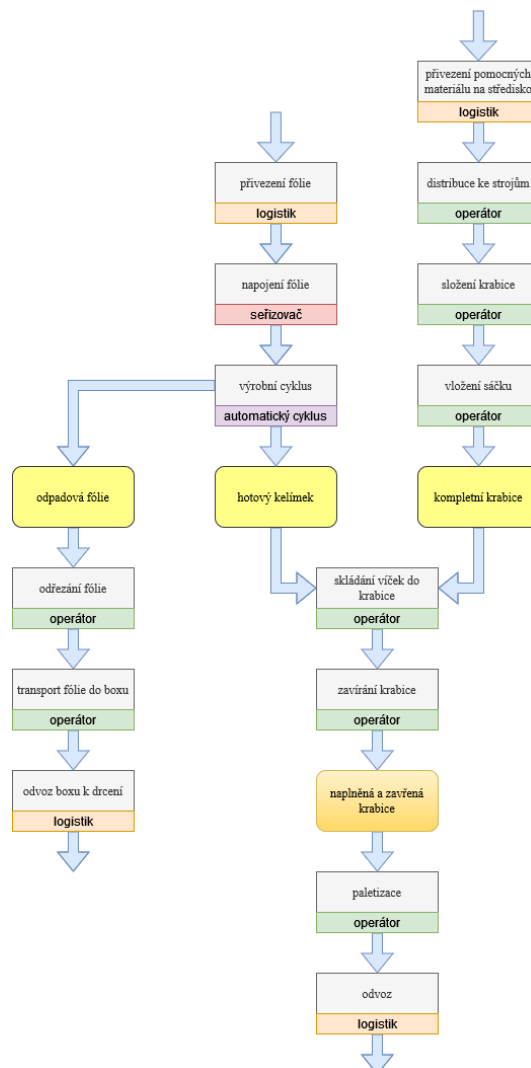
Zóny II. je bývalým sídlem centrální údržby ve společnosti. Údržba byla přesunuta do nové přístavby a tento prostor je momentálně používán jako sklad elektro komponentů. V **zóně III.** se nachází pracoviště interní kvality a dispečink. Sociální zařízení a kanceláře, které se zde také nacházejí, nejsou v současnosti plně využívány, protože pro tyto potřeby vznikly nové prostory v nejnovější přístavbě provozu. Obě tyto zóny jsou součástí stejné budovy, která byla popsána dříve – stará a podlouhlá budova s nízkými stropy. V případě spojení a

využití těchto prostor pro rozšíření výroby by mohlo dojít k stavebním úpravám, které by část nedostatků vyřešily a vznikl by prostor pro automatizaci.

Posledním místem, které by mohlo být využito je **zóny IV**. V ní se momentálně nachází stroj spadající pod středisko Potisk, ale v případě potřeby prostoru by se dalo uvažovat o jeho přesunu. Zóna IV. je také logistický koridor a nabízelo by se do něj umístit například paletizační řešení.

6.2 Materiálový tok

Ve sledované části střediska probíhá výroba víček tvarováním předem vytvořené fólie, tzv. off-line. Proces výroby na středisku TVV bude popsán v následující kapitole 6.3 a na následujícím schématu je materiálový tok zobrazen ve formě procesní mapy.



Obrázek 8 Procesní mapa (vlastní zpracování)

Mezi hlavní cíle optimalizace materiálových toků patří zefektivnění vnitropodnikové dopravy, snížení stavu rozdělaných zásob a v konečném důsledku zkrácení času výroby. V posledních několika letech došlo k zavedení či využití různých technologií, které materiálové toky obecně zlepšili.

Jako první můžeme jmenovat logistickou aplikaci LILA. Ta byla vyvinuta interně v rámci Slušovického závodu a jejím hlavním úkolem je zjednodušení a optimalizace vnitropodnikové logistiky.

Na části střediska TVV je v rámci materiálového toku problém s odpady – konkrétně se zmíněnou výsekovou fólií. Na starších strojích RDM 45 chybí drtiče, které jsou v normálních případech součástí strojní sestavy, a proto je nutné s odpady nakládat alternativně. Operátor odřezává výsekovou fólii ručně, přenáší ji do velkého plastového boxu a ten je po naplnění převezen na drtírnu, kde je dále zpracován. Tento nedostatek v materiálovém toku pro středisko TVV znamená více zabraného místa, nutnost zvýšeného provozu logistiků a pro operátory to samozřejmě znamená nadbytečnou, nestandardní, a hlavně neergonomickou činnost.

6.3 Technologie

Z technologického hlediska zahrnuje středisko tvarování víček 11 strojů. Pro nejnovější stroj s označením „LidLine“ platí rozdílné technologické parametry, a hlavně je umístěn mimo hlavní oblast střediska, proto se mu tato práce dále nevěnuje.

Ve sledované oblasti střediska se nachází 10 strojů a přesnější informace jsou zapsány v tabulce níže.

Tabulka 3 Seznam strojních zařízení s relevantními informacemi (vlastní zpracování)

Stroj	SAP číslo	Rok výroby	Míra automatizace	Zabraná plocha	Drtič u stroje
Illig RDM 45	50001	1991	2	9,07 m ²	Ne
Illig RDM 45	50004	1993	2	9,07 m ²	Ne
Illig RDM 45	50005	1992	2	9,07 m ²	Ne
Illig RDM 45	50006	1993	2	9,07 m ²	Ne
Illig RDM 45	50013	1995	2	9,07 m ²	Ne
Illig RDM 45	50014	1991	2	9,07 m ²	Ne
Illig RDM 45	50016	1994	2	9,07 m ²	Ne
Illig RDM 45	50017	1993	2	9,07 m ²	Ne
Kiefel KMD 52	50020	2003	2	25,61 m ²	Ano
Kiefel KMD 78.2	50018	2021	2	34,56 m ²	Ano

Z informací v tabulce je zřejmé, že stroje na středisku můžeme rozdělit do dvou skupin.

První skupinou jsou stroje Illig RMD 45. Těchto osm poměrně hodně zastaralých strojů zabírá jednu výrobní halu, jak bylo naznačeno v dřívějších kapitolách. Až na jednu nepříliš významnou výjimku se jedná o stroje staré nejméně třicet let. Jejich stáří je důvodem jejich menších rychlostí a díky tomu bylo možné zavést dvou/troj strojovou obsluhu. Jeden operátor skutečně dokáže pokrýt výstupy z několika strojů.

Stroje Kiefel jsou výrazně novější a pokročilejší. Jejich rychlost vyžaduje přítomnost jednoho dedikovaného pracovníka.

Dále se budeme bavit o jednotlivých sloupcích, které byly zmíněny v tabulce výše.

Míra automatizace strojů byla určena dle rozdělení Unstundaga a Cevikcana, které je představeno v kapitole 2.5 této práce. Všechny sledované stroje spadají do kategorie 2 – vkládání materiálu je manuální, výrobní cyklus je automatizovaný, vybírání výrobků je manuální a stejně tak i jejich následný transport. Takto definované skupiny však nezohledňují skutečnost, že některé procesy mohou být **částečně** automatizované, jak je tomu v několika případech.

- **Vkládání materiálu do stroje** – dovoz a napojení fólie do stroje je skutečně manuální činnost, ale následné odvíjení fólie, které může trvat i půl směny, je zajištěno strojem; tuto činnost lze tedy popsat jako částečně automatizovanou.
- **Výrobní cyklus** – přehřívání, roztahování, plné ohřívání a vytvarování fólie je skutečně plně automatizovaný proces, do kterého pracovníci nemusí nijak zasahovat.
- **Vybírání výrobků** – i tento proces se dá popsat jako částečně automatizovaný – vytvarovaná víčka jsou automaticky naskládána na sebe a jsou dopraveny před operátora v úhledných sloupcích do ergonomické polohy, jeho práce spočívá v jejich přesunu do kartonové krabice.
- **Transport výrobků** – tato činnost je zcela bez výhrady neautomatizována.

Z funkčního hlediska tedy můžeme říct, že stroje jsou zautomatizovány **shodně**. Je však nutné mít na mysli, že až třicetiletý rozdíl ve stáří strojů zmíněný v tabulce 3 výše se na technické vybavě strojů projevil. Novější stroje značky Kiefel mají výrazně pokročilejší sensoriku a na ni navázaný vlastní řídicí systém – lépe detekují chyby a jsou bezpečnější pro pracovníky.

V podkapitole 6. 1. 2 bylo naznačeno, že některé stroje nemají vlastní drtič. Podobně jako v předchozím případě se jedná o stroje Illig. Jejich původní návrh nepočítal s přítomností

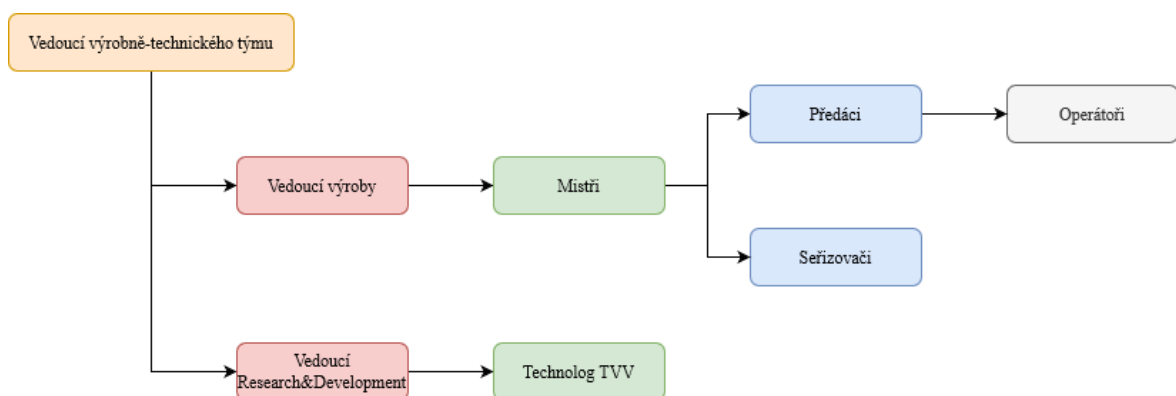
drtiče a odpadová výseková fólie ze stroje vystupuje na navíjení v nízkém a malém prostoru nad zemí. Stroje Kiefel naopak byly navrhovány s myšlenkou vlastního drtiče. Stroj KMD 52 má vhodně upravené vedení fólie a volně stojící drtič za strojem; stroj KMD 78.2 má dokonce navrhnutý speciální druh drtiče, které je součástí jeho vlastní konstrukce a nezabírá další místo v okolí.

V poslední části této kapitoly bude blíže popsán proces, kterým dochází k výrobě víček:

- **Napojení fólie**
- **Předeřívání fólie**
- **Vstup do tvarovačky**
- **Ohřev na požadovanou teplotu**
- **Vyražení víček**
- **Odebrání víček**
- **Naskládání na dopravník**
- **Opuštění stroje**

6.4 Organizační struktura střediska tvarování víček

Struktura na úrovni celé společnosti byla představena v kapitole 5.2. a na následujícím obrázku 9 je znázorněna konkrétnější struktura střediska TVV.



Obrázek 9 Organizační struktura střediska TVV (vlastní zpracování)

Kromě běžných pracovníků u strojů jsou v organizační struktuře zaznamenány i ostatní pracovní pozice, které chod na středisku přímo ovlivňují. V následujícím přehledu jsou pak popsány blíže:

- **Technolog** – jedná se o osobu s největším rozsahem znalostí o dané technologii, která hraje klíčovou roli v organizaci a rozvoji střediska; jedná se o klíčového účastníka jakýchkoliv modernizací střediska.
- **Seřizovač** – pracovníci, kteří jsou denně v kontaktu s technickými zařízeními na středisku a kteří se starají o jejich správný chod, přestavby, jejich zkušenosti a názory jsou z hlediska automatizace velice důležité.
- **Mistr** – pracovník zodpovědný za hladký průběh výroby na provozu K; jejich práce je ale hlavně organizačního charakteru (přiřazování pracovníků ke strojům, schvalování docházky, operativní změny výrobního plánu) a v rozhovorech o případné automatizaci nehrají velkou roli.
- **Předák** – jedná se o přímého nadřízeného jednotlivých operátorů, který má přehled nad prací na středisku; zkušenosti takového pracovníka a zejména informace z neformálních typů komunikace mají vliv na automatizaci.
- **Operátor** – pracovníci, kteří tráví celý pracovní den u strojů; jich se případné automatizace dotknout nejvíce a zároveň je důležité naslouchat jejím potřebám a problémům.

Následující tabulka 4 nese informace o počtu pracovníků jednotlivých pozic na směně.

Tabulka 4 Počty pracovníků na směně TVV (vlastní zpracování)

Pracovní pozice	Počet na směně
Operátor	6
Předák	1
Seřizovači	2
Technolog	1
Mistr	2

Na středisku probíhá tří směnný provoz a tyto počty jednotlivých zaměstnanců platí pro každou z nich, vyjma technologa, který je obvykle přítomen pouze na ranní směně.

6.5 Práce

Interní dokumentace firmy uvádí pět základních kompetencí, který by měl dělník na středisku tvarování víček mít.

- **Zručnost, technické dovednosti a schopnost obsluhovat výrobní stroje.**

- Práce podle postupů a pravidel.
- Pozornost a schopnost vizuálně zhodnotit nekvalitu výrobku.
- Spolehlivost, pečlivost, důslednost a týmová spolupráce.
- Základní digitální dovednosti pro zaznamenávání dat.

K vytvoření základního přehledu o činnostech, které mají potenciál pro automatizaci (případně které by bylo žádoucí zautomatizovat) potřebujeme ale znát výrobní proces konkrétně. Následující přehled zachycuje všechny činnosti, které by měl běžný operátor na středisku dělat.

Tabulka 5 Pracovní činnosti dělníka na TVV (vlastní zpracování, interní dokumentace)

Činnost	Neergonomická činnost
Obsluha stroje	
konzultuje nestandardní chod stroje s předákem	Ne
Znalost procesu	
balí shodné výrobky dané výrobkové specifikace	Ano
značí zabalené kartony etiketou ze SAP	Ano
připravuje si pomocné materiály	Ano
ukládá kartony na paletu	Ano
třídí zmetky z procesu výroby do boxů	Ano
Kvalita	
kontroluje kvalitu výrobku v průběhu mezioperační kontroly	Ne
proměruje výrobky na základě referenčního vzorku	Ne
informuje předáka o zjištěné nekvalitě	Ne
provádí zpětnou kontrolu již vyrobeného zboží (v případě zjištění nekvality)	Ano
Autonomní údržba	
uklízí pracoviště při autonomní údržbě stroje	Ano
Znalost procesu - evidence	
zapisuje informace o výrobě do tabletu (aplikace CML)	Ne
hotové palety načítá do aplikace LILA	Ne
eviduje a klasifikuje prostoje stroje do tabletu (aplikace MES)	Ne

Seznam v tabulce 5 byl vytvořen na základě kompetenčního modelu z interní firemní dokumentace. Analýza materiálového toku v kapitole 6.2 ukázala, že součástí práce u strojů RDM 45 je manipulace s odpadovou fólií, která zde není zmíněna. To a fakt, že u řady činností je předpokládatelný problém v oblasti ergonomie vedlo k rozhodnutí vytvořit konkrétnější analýzu ve formě snímku pracovního dne.

6.6 Snímek pracovního dne

Na základě analýzy dostupných informací o středisku bylo rozhodnuto o zpracování snímků pracovního dne.

Ty vznikly metodou přímého pozorování během celé směny v různých dnech. Pracovní den začal schůzkou s předákem střediska, který měl možnost vybrat konkrétní stroje na kterých bude měření vykonáváno. Pak následoval běžný den, během kterého byly do snímkovací aplikace na tabletu zadávány jednotlivé vykonávané činnosti a jejich trvání. Na strojích RDM 45 byly vytvořeny dva snímky pracovního dne a na každém z novějších strojů Kiefel byl vytvořen jeden.

Před vytvořením samotného snímku byl na pracovišti proveden krátký průzkum, který by se dal nazvat před-snímek. Během něho byly definovány činnosti a zařazeny do patřičných skupin, aby byla ulehčena následná práce s daty.

Následující tabulka 6 obsahuje data pocházející z měření strojů RDM 45.

Tabulka 6 Snímek pracovního dne na strojích RDM 45 (vlastní zpracování)

Činnosti	Snímek 1		Snímek 2		Průměr
	Čas	%	Čas	%	
Vkládání výrobků do krabice	3:00:32	37,61%	3:10:32	39,69%	38,65%
Vkládání výrobků do krabice	3:00:32	37,61%	3:10:32	39,69%	38,65%
Skládání krabice	1:27:04	18,14%	1:24:09	17,53%	17,84%
Transport nových kartonů ke stroji	0:04:36	0,96%	0:03:34	0,74%	0,85%
Skládání krabice	0:33:16	6,93%	0:34:48	7,25%	7,09%
Vkládání sáčků do krabice	0:48:20	10,07%	0:44:20	9,24%	9,65%
Vkládání proložky	0:05:28	1,14%	0:05:01	1,05%	1,09%
Uzavření krabice	0:38:23	8,00%	0:36:31	7,61%	7,80%
Balení naplněné krabice	0:14:12	2,96%	0:17:12	3,58%	3,27%
Zalepení krabice páskou	0:08:12	1,71%	0:07:47	1,62%	1,66%
Nalepení štítku na krabici	0:08:10	1,70%	0:07:51	1,64%	1,67%
Paletizace hotové výroby	0:12:52	2,68%	0:14:08	2,94%	2,81%
Fixace palety stretch-fólií	0:05:56	1,24%	0:05:18	1,10%	1,17%
Odvození palety s HV, dovoz nové	0:11:25	2,38%	0:09:14	1,92%	2,15%
Výseková fólie	0:30:45	6,41%	0:37:09	7,74%	7,07%
Odstřihnutí výseku	0:21:14	4,42%	0:26:38	5,55%	4,99%
Vyhození výseku do plastového boxu	0:09:31	1,98%	0:10:31	2,19%	2,09%
Ostatní	1:56:16	24,22%	1:43:06	21,48%	22,85%
Kontrola kvality	0:01:21	0,28%	0:02:01	0,42%	0,35%
Chůze	0:45:00	9,38%	0:38:33	8,03%	8,70%
Komunikace se spolupracovníky	0:11:05	2,31%	0:08:05	1,68%	2,00%
Razítkování štítků	0:06:35	1,37%	0:06:40	1,39%	1,38%
Přesun neshodných výrobků do nádoby	0:03:23	0,70%	0:02:59	0,62%	0,66%
Úklid kolem stroje	0:02:21	0,49%	0:02:17	0,48%	0,48%
MUDA	0:46:31	9,69%	0:42:31	8,86%	9,27%

Z předchozích částí práce víme, že výroba na těchto strojích je pomalejší, a proto je v této části střediska zavedena dvoj strojová obsluha. Naměřená data se tedy týkají čtyř strojů. Pro další popis byly činnosti seskupeny do pěti větších celků.

- **Vkládání výrobků do krabice** – jedná se o hlavní pracovní náplň operátorů, a proto byla vyčleněna v samostatné skupině; tato činnost činila 38,65 % směny.

- **Skládání krabice** – tato skupina zahrnuje všechny činnosti související s přípravou krabice na vkládání hotových výrobků; průměrně ji bylo stráveno 18,69 % směny.
- **Uzavření krabice** – obdobně zahrnuje veškeré činnosti související s uzavřením naplněné krabice, její paletizací a k její přípravě pro logistika; těmito činnostmi bylo stráveno průměrně 12,74 % směny.
- **Výseková fólie** – manipulací s odpadní fólií bylo stráveno 7,07 % směny; u této činnosti je nutné zmínit, že absolutní počet byl 62, respektive 58 cyklů.
- **Ostatní** – skupina zahrnuje činnosti, které z hlediska automatizace nehrají roli a u kterých je automatizace nemožná nebo nesmyslná.

V následující tabulce jsou pak shrnuty informace z měření na strojích Kiefel, rozdělené do obdobných skupin, jejichž popis je výše. Skupina činností, která chybí je manipulace s výsekovou fólií, která v případě těchto strojů nevzniká (resp. je rovnou drcena v rámci stroje).

Tabulka 7 Snímek pracovního dne na strojích Kiefel (vlastní zpracování)

Činnosti	Kiefel 50018		Kiefel 50020		Průměr	
	Čas	%	Čas	%		
Skládání krabice	1:48:27	22,59%	2:01:03	25,22%	1:54:45	23,90%
Transport nových kartonů ke stroji	0:15:32	3,24%	0:23:30	4,89%	0:19:31	4,07%
Skládání krabice	0:52:28	10,93%	1:10:09	14,62%	1:01:19	12,77%
Vkládání sáčků do krabice	0:33:11	6,91%	0:33:08	6,90%	0:33:09	6,91%
Vkládání proložky	0:22:48	4,75%	0:17:46	3,70%	0:20:17	4,22%
Vkládání výrobků do krabice	3:01:29	37,81%	3:11:43	39,94%	3:06:36	38,87%
Vkládání výrobků do krabice	3:01:29	37,81%	3:11:43	39,94%	3:06:36	38,87%
Uzavření krabice a příprava na odvoz	1:24:00	17,50%	1:11:07	14,82%	1:17:34	16,16%
Balení naplněné krabice	0:21:58	4,58%	0:25:11	5,25%	0:23:34	4,91%
Zalepení krabice páskou	0:19:04	3,97%	0:14:47	3,08%	0:16:56	3,53%
Nalepení štítků na krabici	0:07:54	1,65%	0:09:03	1,89%	0:08:29	1,77%
Paletizace hotové výroby	0:22:31	4,69%	0:10:36	2,21%	0:16:34	3,45%
Fixace palety stretch-fólií	0:02:46	0,58%	0:03:15	0,68%	0:03:01	0,63%
Odvození palety s HV, dovoz nové	0:09:47	2,04%	0:08:15	1,72%	0:09:01	1,88%
Ostatní	1:46:05	22,10%	1:36:07	20,02%	1:41:06	21,06%
MUDA	0:38:31	8,02%	0:33:47	7,04%	0:36:09	7,53%
Chůze	0:21:16	4,43%	0:12:31	2,61%	0:16:53	3,52%
Komunikace se spolupracovníky	0:12:25	2,59%	0:15:06	3,15%	0:13:46	2,87%
Razítkování štítků	0:06:35	1,37%	0:07:29	1,56%	0:07:02	1,47%
Přesun neshodných výrobků do nádoby	0:03:23	0,70%	0:04:51	1,01%	0:04:07	0,86%
Úklid kolem stroje	0:16:24	3,42%	0:14:10	2,95%	0:15:17	3,18%
Kontrola kvality	0:07:31	1,57%	0:08:13	1,71%	0:07:52	1,64%

Ve zpracovaných snímcích pracovního dne můžeme vidět několik podobností, které budou popsány níže. Při porovnání snímků pracovního dne můžeme s velkou mírou jistoty říci, že pracovní procesy jsou na středisku nastaveny správně – hodnoty jsou si velice příbuzné.

Na základě výsledků snímků pracovního dne v tabulkách 4 a 5 budou nyní popsány činnosti, které mají potenciál pro automatizaci.

- **Skupina skládání krabice** – případná automatizace skládání krabic by mohla operátorovi na středisku ušetřit průměrně 1 hodinu a 34 minut práce (při manuálním vkládání výrobků do krabic by vkládání proložek zůstalo). Zároveň se jedná o neergonomickou činnost, při které je namáhána ruka operátora špatnými úchopy. Stroj, který má zásobník na kartony, skládá je a následně do nich vkládá sáček je ve společnosti již znám a použití podobné techniky by na tomto středisku bylo žádoucí jak z hlediska zefektivnění výroby, tak z hlediska zdravotního.
- **Vkládání výrobků do krabice** – Tato činnost tvoří hlavní část pracovní náplně operátorů a jedná se o opakovatelnou manuální činnost. Z těchto dvou vlastností můžeme usoudit, že aplikace robotického překládacího zařízení by byla pro tuto činnost zcela ideální. Ačkoliv stroj dopraví poměrně lehké výrobky do řádné výšky, tak se stále jedná o monotónní práci ve stoje, při které dochází k rotaci těla, která se v dlouhodobém hledisku může negativně podepsat na zdraví – proto by bylo na místě i tuto činnost zautomatizovat.
- **Uzavření krabice a příprava na odvoz** – I v tomto případě se jedná o skupinu činností, které by bylo vhodné automatizovat z hlediska efektivity a ergonomie. Slepování krabice a připevňování etiket je činnost špatná z hlediska úchopů a manipulace s břemenem ve formě naplněné krabice je rovněž problematická.

Ostatní vysledované činnosti jsou příliš nesourodé a nepravidelné. Některé z nich by možná automatizovat šlo (například by mohlo existovat řešení na transport neshodných výrobků), ale v konečném důsledku by se jednalo o zbytečnou investici.

6.7 Analýza kartonů

Ze snímků pracovního dne v kapitole 6.6 vzešel fakt, že skládání krabic je podstatným prvkem ve dni operátorů. Rovněž se jedná o činnost, která není zcela ergonomicky správná – dochází k škodlivým úchopům, se složenými kartony je manipulováno v malé výšce nebo je nutné ručně přenášet sáčky a neposkládané krabice.



Obrázek 10 Série problematických úchopů při skládání krabic (vlastní zpracování)
 Prostorová analýza také ukázala na to, že materiály, a hlavně připravené seskládané krabice zabírají část pracovního prostoru – zhruba 3 m² na jedno pracoviště. U strojů Kiefel se nejedná o příliš velký problém, ale na hale se stroji RDM 45 zabírají výraznou část koridoru, který by mohl být využit lépe.

Na základě těchto dvou skutečností vznikla potřeba analyzovat situaci s kartony na středisku. Automatizované řešení pro skládání a distribuci kartonů by byla pro pracovníky a pracoviště výhodná.

Pro vytvoření následujícího přehledu byl nutný průzkum interních dat společnosti o nákupu kartonových krabic a sáčků. Zobrazená data pochází z celého roku 2023.

Tabulka 8 Počty jednotlivých druhů kartonů a sáčků (vlastní zpracování)

Karton	Počet [ks]	%	Kumul. %
1	90 893	35,4%	35,4%
2	66 251	25,8%	61,2%
3	61 198	23,8%	85,1%
4	20 331	7,9%	93,0%
5	9 326	3,6%	96,6%
6	5 837	2,3%	98,9%
7	1 600	0,6%	99,5%
8	1 248	0,5%	100,0%
Celkem	256 684		

Sáček	Počet [ks]	%	Kumul. %
1	223 784	87,2%	87,2%
2	20 649	8,0%	95,2%
3	6 889	2,7%	97,9%
4	3 045	1,2%	99,1%
5	1 225	0,5%	99,6%
6	731	0,3%	99,9%
7	361	0,1%	100,0%
Celkem	256 684		

Ze sesbíraných informací vyplývá fakt, že tři nejčtenější druhy kartonových krabic pokrývají 85 % celkové potřeby kartonů na středisku TVV.

Z hlediska používaných sáčků je vidět ještě významnější jev – jeden druh sáčků pokrývá 87 % celkové potřeby na středisku.

Vzhledem k tomuto nerovnoměrnému rozložení by se dalo uvažovat o úpravě nebo **sjednocení** používaných sáčků a kartonových krabic. Rozhodnutí o takové změně by však skrze oddělení prodeje šlo až ke koncovému zákazníkovi.

6.8 Analýza výstupů

Předpoklad, že starší stroje budou mít nižší výstupy, než novější vedl k nutnosti vytvoření analýzy výstupů na středisku TVV. Bylo nutné ověřit zda-li je tento předpoklad platný a také jestli nejsou starší stroje méně spolehlivé. Následující tabulka 9 shrnuje sesbírané informace za rok 2023.

Tabulka 9 Produktivita strojů (interní data společnosti)

Stroj	SAP	Průměrné množství palet za den	Maximum palet za den
Illig RDM 45	50001	6	10
Illig RDM 45	50004	5	12
Illig RDM 45	50005	6	10
Illig RDM 45	50006	5	11
Illig RDM 45	50013	4	10
Illig RDM 45	50014	4	10
Illig RDM 45	50016	4	8
Illig RDM 45	50017	5	11
Kiefel KMD 78.2	50020	12	22
Kiefel KMD 52	50018	11	28

Z tabulky můžeme vyplývá podstatný rozdíl mezi průměrným počtem vyrobených palet za den na jednotlivých strojích. Předpoklad, že staré stroji mají menší výstupy byl tedy potvrzen. Důvod tohoto jevu je však odlišný od původního předpokladu. Rozdíly ve výrobních takttech starých a nových strojů jsou pouze minimální. Prvkem, který tvoří největší rozdíl je počet otisků, které za jeden takt stroj vyrobí. Novější stroje společnosti Kiefel pracují se širší fólií a mají odlišně konstruované formy – bez problémů pak zvládají vyrábět dvojnásobek více.

Pro potřeby automatizace je v přehledové tabulce umístěna hodnota maxima vyrobených palet za den. Mohlo by se zdát, že se jedná o nepodstatnou informaci, ale z hlediska dimenzování automatizovaných zařízení je toto číslo velice důležité – automatizace, která má zlepšit proudění výrobků a materiálu ve společnosti se nemůže při krátkodobě zvýšené produkci stát úzkým místem.

Popis se zabýval pouze řádnou hotovou výrobou. Z výrobního procesu však vystupují i méně žádoucí prvky, kterým bude věnována pozornost v následující části kapitoly.

Mezi výstupy z výroby můžeme řadit i odpady a v kapitole 6.2 analýzy bylo naznačeno, že na strojích RDM 45 je třeba ruční manipulace a odstranění výsekové fólie. Jedná se o neergonomickou činnost, která navíc vyvolává nadbytečný pohyb logistiky. Jedná se o chybný krok ve výrobním procesu, a proto je potřeba ho zanalyzovat. Následující tabulka 10 obsahuje data o váze deseti náhodných výsekových fóliích, které byly vybrány od čtyř strojů s odlišnou obsluhou.

Tabulka 10 Váhy jednotlivých výseků (vlastní zpracování)

Výsek	Váha [kg]			
	Box 1	Box 2	Box 3	Box 4
1	4,8	6,3	4,8	6,6
2	5,0	5,7	5,2	7,3
3	7,0	4,9	6,7	4,4
4	3,3	6,5	4,3	6,0
5	5,5	4,2	6,4	4,1
6	6,2	6,8	5,9	5,8
7	6,3	5,4	4,6	6,9
8	5,8	4,5	6,2	4,9
9	7,2	7,1	5,1	5,5
10	5,4	5,6	4,7	4,2
Průměrná váha	5,7	5,7	5,4	5,6

Operátor může odříznout a přenést fólii dle své vlastní libosti, ale analýza ukázala, že průměrná váha výsekové fólie je 5,6 kg. Tu je potřeba přenést na vzdálenost 4 metry do plastového boxu. Tento cyklus se opakuje zhruba 30krát za směnu na každém ze strojů RDM 45. Na základě informací od předáka těchto třicet opakování stačí k **naplnění boxu** a tedy



Obrázek 11 Box s výsekovou fólií (vlastní zpracování)

k potřebě zavolání logistika. Každý box je nutné transportovat zvlášť, boxy s výseky vznikají u osmi strojů, a to v konečném důsledku znamená 24 cest za den. Automatizované řešení by mohlo obě tyto oblasti zcela eliminovat.

6.9 Shrnutí analytické části

Pro potřeby návrhové části této práce byla vykonána komplexní analýza současného stavu a fungování střediska tvarování víček.

Byly představeny základní **prostorové** parametry střediska a zároveň v něm byly identifikovány zóny, které by mohly být použity pro případný rozvoj automatizace.

Formou procesní mapy byl znázorněn **materiálový tok** na středisku, který bude v návrhové části použit pro srovnání současného a navrhovaného stavu.

Analýza **technologických zařízení** nám poskytla stručný přehled o staří strojů a o jejich podílu na celkové výrobě na středisku.

Dále byly poskytnuty informace o **organizační struktuře** střediska o velikosti průměrně směny. V rámci této části bylo popsáno, kteří pracovníci mohou mít vliv na automatizaci.

V následující části je popsána **práce** na středisku tak, jak vypadá „na papíře“. Za použití interní dokumentace společnosti byl vytvořen krátký přehled základních činností a požadovaných kompetencí pro pracovníky na středisku TVV.

Předcházející kapitole bylo třeba dát do kontrastu s reálným stavem, a proto byl vypracován **snímek pracovního dne**. Na sledovaném středisku byly vytvořeny čtyři snímky, které byly zpracovány a představeny.

Operátoři tráví průměrně pětinu své pracovní doby skládáním kartonových krabic. Jedná se o činnost, která s sebou nese řadu problémů, a proto byla zhotovena **analýza kartonů** na středisku.

Poslední vyhotoveným výzkumem je **analýza výstupů** z výrobního procesu. Rozdílné stáří strojů naznačovalo tomu, že ve výstupech ze strojů budou rozdíly. Naše analýza tento jev potvrdila a dále se také zabývala odpady, které jsou nedílnou částí výstupů.

Jednotlivé analýzy odhalily řadu nedostatků ve výrobním procesu a odhalily oblasti, ve kterých by případná automatizace byla možná.

6.9.1 Nedostatky a potenciál

Na základě analýzy současného stavu střediska byly definovány následující nedostatky ve výrobním procesu, u kterých je zároveň potenciál pro řešení za pomoci automatizace.

- **Výsekové fólie** – manipulace s odpadní fólií je problematická část výrobního procesu, která má zároveň potenciál pro zautomatizování
- **Neergonomické činnosti** – i tato oblast činností by šla vyřešit zvýšením míry automatizace
- **Rozdílné kartony** – jedná se o problematický nedostatek ve výrobě
- **Pomocné materiály** – přichystané pomocné materiály a polotovary zabírají pracovní prostor na středisku, automatizované řešení by mohlo tyto materiály dodávat just-in-time a prostor tak uvolnit
- **Prostor** – na základě prostorové analýzy střediska byly definovány zóny, které mají potenciál pro umístění automatizovaných zařízení

7 NÁVRHY ZVÝŠENÍ MÍRY AUTOMATIZACE PRACOVÍŠŤ

Na základě popisu a analýz v předcházejících kapitole tohoto textu byly vypracovány následující návrhy.

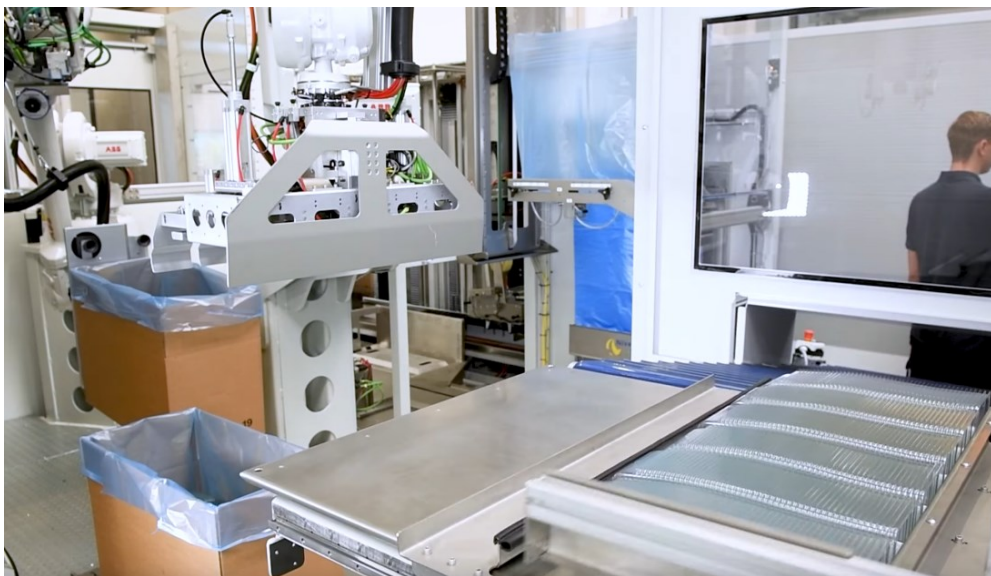
7.1 Návrhy pro jednotlivá pracoviště

V následující části textu budou popsány návrhy pro zvýšení míry automatizace na úrovni jednotlivých pracovišť.

7.1.1 Koupit baličku ke KMD

Výstup ze stroje ve formě naplněné, zavřené a zalepené krabice je ve společnosti tím nejvíce žádoucím. Žádný ze sledovaných strojů v současnosti takovou možnost nemá, a proto byla v rámci rozšíření automatizace prozkoumávána i tato oblast.

Nejnovější stroj Kiefel KMD 78.2. původně mířil do Ruska, avšak ve Slušovicích zůstal v důsledku událostí z února 2022. Stroj byl zakoupen ve standardní sestavě pro tvarování, ale průzkum trhu ukázal, že k němu existuje vyprojektované a provozuschopné řešení pro balení přímo od výrobce.



Obrázek 12 Pohled do balící sestavy (interní materiály společnosti)

Jedná se o sestavu robotů, dopravníků a mechanických zábran umístěnou v uzavřeném prostoru za samotným tvarovacím strojem, která vykonává veškeré činnosti spojené s manipulací a balením polotovarů.

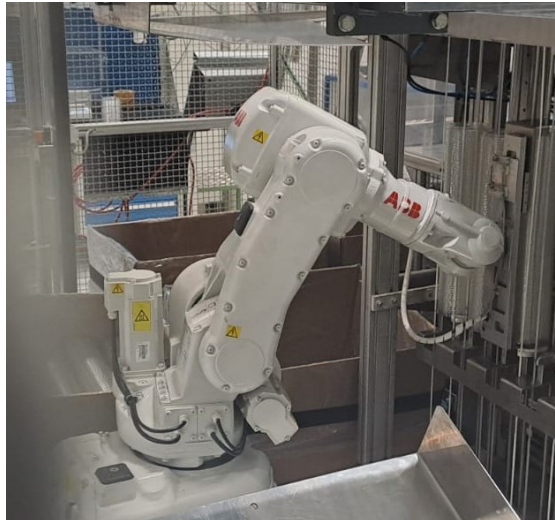
- **Odebírání výrobků** – pomocí dopravníkového pásu a mechanických posunů dochází k odebírání výrobků a jejich transportu ve formě úhledných řad hlouběji do balicího zařízení
- **Skládání krabic a vložení sáčku** – pomocí gravitace, mechanických zábran, robotických ramen a automatických lepiček složí a slepí kartonové krabice a vloží do nich sáček
- **Naplnění krabice** – pomocí robotických ramen s patřičným úchopným zařízením vkládá hotové polotovary do krabice
- **Zavření sáčku a slepení** – pomocí pohybů mechanických částí zavře sáček, přiklopí krabici a následně ji zalepí
- **Paletizace** – plnou a uzavřenou krabici umístí na připravenou paletu, po naplnění otevírá pracovní prostor a operátor může paletu odstranit

Jedná se o skutečně komplexní řešení, která nám zajišťuje optimální výstup ze stroje. Výrobce bohužel není schopen dané řešení nacenit, ale jeho cena se bude určitě pohybovat v oblasti statisíců eur. Rovněž se jedná o poměrně velkou plochu, kvůli které by bylo třeba stroj přesunout na jiné místo v hale. Přesun stroje v rámci střediska by byl reálný (stroj Kiefel kolem sebe má volný prostor), ale v kapitole 7.3 bude k této možnosti automatizace představeno konečné stanovisko.

7.1.2 Robotický systém na skládání víček

Snímek pracovního dne odhalil, že časově nejnáročnější činnost, kterou operátoři dělají je skládání kelímků ze stroje do krabic. Jedná se o monotónní a opakující se činnost a už jen z těchto důvodů se nabízí přenechat ji robotům. Ze základních typů robotů by se pro řešení této oblasti nabízely zejména dva.

- **Robotické rameno** – konstrukce robotických ramen je navrhována s ohledem na opakovatelnost a na přesnost, s aplikací patřičného uchopovacího zařízení by skutečně bylo možné nechat robota skládat víčka do krabic; ve firmě je toto řešení aplikováno na stroji LidLine, který byl zmíněný v kapitole 6.2



Obrázek 13 Robotické rameno u stroje LidLine (vlastní zpracování)

- **Karteziánský systém** – robot, který se pohybuje pouze ve třech směrech by rovněž zvládl přesouvat víčka do připravených krabic; je výrazně méně flexibilní a pracoviště by vyžadovalo prostorové úpravy

Aplikace těchto robotů by byla pravděpodobně vhodná pouze pro stroje Kiefel – jejich produkce je dostatečně velká, a hlavně je kolem nich dostatek prostoru pro vytvoření pracovní schránky robotů. Zcela určitě by se také dalo uvažovat o použití jednoho robotického ramena pro obsluhu obou strojů.

7.1.3 Malé drtiče ke strojům RDM 45

Jedním z identifikovaných problémů v předcházející části práce byla absence drtiče u strojů RDM 45. Tento fakt v konečném důsledku způsobuje dva hlavní problémy.

- **Zátěž pro pracovníky** – odřezávání a manipulace s výsekovou fólií je neergonomická činnost. Jedná se o manipulaci se středně těžkým břemenem v nestandardních polohách – navíjení je blízko u země.
- **Komplikace v materiálovém toku** – absence automatizovaného řešení pro likvidaci a transport odpadové fólie způsobuje nutnost jejího hromadění v boxech a následného přesunu. Tím se zvyšují nároky na pohyb logistiky a také prostorové nároky na umístění zmíněných boxů.

Z pozorování je tedy zřejmé, že vyřešení tohoto problému by z celkového hlediska zlepšilo fungování na středisku.

Výběr potenciálního řešení probíhal na základě již používaných zařízení v podniku. Dva novější stroje na středisku tvarování víček (a zároveň všechny stroje na středisku tvarování kelímků) mají své vlastní přistavené drtiče na odpadovou fólii, která je po zpracování odváděna pomocí potrubí do stanic s velkými pytli pro přepravu. Metoda samostatně stojícího velkého drtiče za strojem je funkční a ověřená, ale u strojů RDM ji aplikovat nelze z důvodu malého prostoru. Rovněž je problém v již zmíněné výšce – výstup odpadní fólie je výšce 35 cm nad zemí. Proto byla vyhledána alternativa.

Společnost Rapid, která se zabývá výrobou drtičů (a které jsou ve společnosti používány) nabízí řešení ve formě modelu 300-LBB.



Obrázek 14 Drtič 300-LKBB (Rapid Granulator, 2022)

Jeho nejvíce inzerovaná vlastnost je právě malá výška vstupu. Zakoupení těchto drtičů ke strojům by tedy vyřešilo obě problematické oblasti. Je však třeba mít na mysli i nevýhody tohoto řešení.

- **Šířka zařízení** – takto zkonstruovaný drtič by se do prostoru ve stroji vlezl na výšku i délku, ale jeho šířka by byla lehce problematická. V první řadě by částečně zmenšil pracovní prostor v okolí stroje a zároveň by bylo nutné upravit prostor současného navíjení, aby bylo možné drtič zasunout do patřičné pozice.

- **Cena zařízení** – stroje RDM 45 jsou poměrně staré a investice do nich jsou obtížně obhájitelné. Tento konkrétní model drtiče stojí cca 45 000 € a tato cena nezahrnuje náklady nutných úprav na strojích a už vůbec ne na konstrukci infrastruktury automatického vedení drtě

7.2 Hromadné návrhy

V následující části budou představeny návrhy, které sice přímo ovlivňují jednotlivá pracoviště, ale jejich aplikace by byla z logického, ekonomického a praktického hlediska lepší v míře pro více strojů nebo rovnou celé středisko. Pro tyto návrhy také platí, že nejvhodnější by byla aplikace několika z nich najednou.

7.2.1 Modernizace strojového parku

V popisu technických zařízení v předcházející části práce bylo zmíněno, že osm z desíti strojů na středisku pochází z devadesátých let. Pro moderní podnik, který byl dokonce v rámci koncernu jmenován kompetenčním centrem pro výrobu víček, se jedná o nepraktický jev, který bude potřeba v blízké době řešit.

Obměna strojového zařízení na středisku je z hlediska komplexnější automatizace spíše nezbytnou podmínkou než návrhem. Projektování řešení a případná investice zdrojů do zastaralých strojů není smysluplná, zvláště pak když mají prokazatelně menší výstupy, jak jsme zjistili v analýze výstupů v kapitole 6.8.

Konečné rozhodnutí o zakoupení nových strojů však nenáleží slušovickému závodu. Dá se předpokládat, že by se jednalo o skutečně masivní investici ve výši statisíců eur a rozhodnutí tohoto rozsahu připadají vrcholovému managementu na úrovni celého koncernu.

7.2.2 Použití AGV

Zavádění pohybu AGV je v jiné části společnosti v realizační fázi a jejich provoz by mohl být potenciálně rozšířen i pro středisko TVV. Skrze výběrová řízení byly na koncernové úrovni vybrány automaticky řízená vozidla značky Agilox. Na následujícím obrázku 15 je zobrazeno.



Obrázek 15 AGV společnosti Agilox (AGILOX Services GmbH, 2022)

Na středisku TVV by tato zařízení mohla být využívána pro přesun palet s hotovými výrobky do skladu.



Obrázek 16 Modul na převoz krabic (AGILOX Services GmbH, 2022)

Zajímavějším a více ambiciózním využitím by mohl být sběr krabic s hotovými výrobky (v případě kombinace s následujícím navrhovaným řešením by mohly distribuovat i prázdné kartony). Toto řešení by bylo výzvou zejména kvůli malému prostoru u strojů RDM 45, ale AGV by se mohly pohybovat v zóně I., kterou jsme definovali v kapitole 6.1. V tomto případě by však vznikly další náklady na pořízení modulu pro přepravu krabic. Ten má společnost Agilox již vymyšlený a nabízí ho zákazníkům.

V případě využití tohoto řešení by bylo nutné postavit infrastrukturu pro nakládání těchto vozíků na všech pracovištích – pravděpodobně by se jednalo o jednoduchý válečkový dopravník, ale i ten by zabíral místo a vyžadoval by zdroje. Zároveň by bylo třeba řešení na jejich vykládání v cílové stanici.

7.2.3 Unifikace kartonů a zakoupení skládacího stroje

Koupě nového zařízení na skládání kartonových krabic byl jeden z možných návrhů zvýšení míry automatizace známý ještě před zpracováním této práce. Vypracované dílčí analýzy tento původní nápad ovlivnily a zvýraznily jeho potenciál.

Na snímcích pracovního dne v kapitole 6.6 jsme zjistili, že operátoři tráví průměrně 1 hodinu a 34 minut denně tím, že pracují na přípravě kartonových krabic. Tento potenciálně ušetřený čas by mohl být věnován jiným pracovním činnostem nebo by dokonce mohlo být uvažováno o zavedení více strojové obsluhy. Zároveň nesmíme opomenout ergonomický aspekt – automatická skládačka na kartony by ušetřila problematické pohyby a úchopy.

Analýza využití kartonů a sáčků v kapitole 6.7 ukázala fakt, že 85 % výroby na středisku tvarování víček je vkládáno pouze do tří druhů kartonových beden a 87 % všech výrobků je vkládáno do jediného typu sáčku.

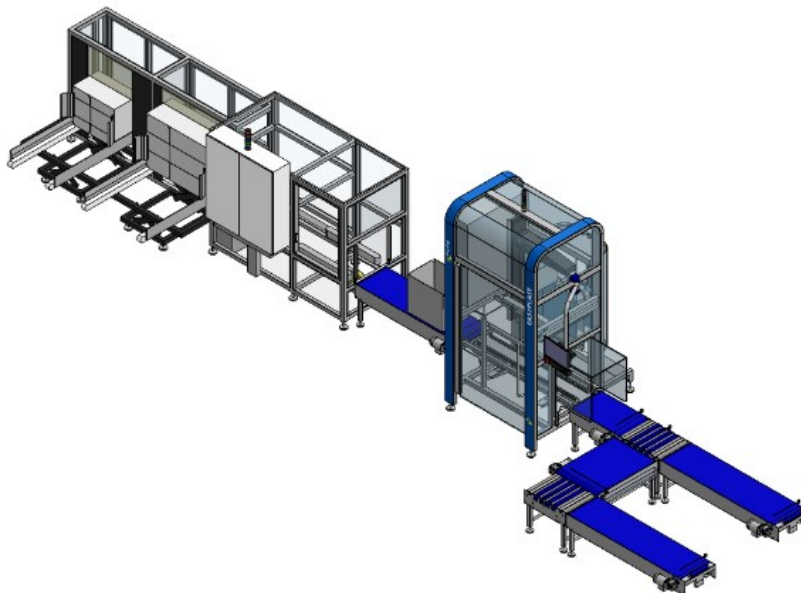
Z hlediska případné automatizace jsou však podstatné opačné hodnoty.

- **Na 5 kartonů sáčků připadá 15 % výroby**
- **Na 7 druhů sáčků připadá 13 % výroby**

Automatizovaná řešení pomáhají v oblastech stejných a opakovatelných činností a různorodost typů kartonů a sáčků znamená, že by standartní nebo známá řešení nebyla použitelná.

Muselo by se tedy uvažovat o částečné nebo i kompletní unifikaci používaných sáčků a kartonů na celém středisku.

V případě kompletního sjednocení by bylo možné zakoupení nového stroje CombiPlast, který skládá a lepí krabice a vkládá do nich sáček. V případě částečného však existuje modifikace tohoto stroje, který dokáže pracovat s nejvíc třemi různými velikostmi kartonů a typy sáčků. Jedno zařízení typu CombiPlast je ve společnosti přítomné a s jeho obsluhou mají pracovníci zkušenosti.



Obrázek 17 3D zobrazení stroje CombiPlast (interní materiály společnosti)

Toto řešení s sebou nese několik nevýhod:

- **Potřeba sjednocení kartonů** – tato komplikace spočívá v tom, že rozhodnutí o změně kartonů je v konečném důsledku na jednotlivých zákaznících
- **Místo na nový stroj** – pro nové zařízení by bylo nutné najít umístění
- **Finanční stránka** – stroj typu CombiPlast stojí zhruba 300 000 € a v odlišné modifikaci může i více

Oproti tomu je zde i několik výhod:

- **Skládací stroj navíc** – již vlastněný stroj CombiPlast je součástí automatizovaného systému na jiném středisku; v případě fatálního selhání tohoto stroje by mohlo dojít k rychlé výměně
- **Ušetření ergonomické zátěže** – skládání kartonů je ergonomicky náročná činnost a CombiPlast by ji zcela eliminoval

7.2.4 Dopravníkový systém

V předcházejících částech práce bylo několikrát zmíněno, že slušovický závod je kompetenčním centrem pro výrobu víček ve střední Evropě. Ačkoliv udělení tohoto titulu nemá žádné podmínky a neukládá žádné požadavky, nebylo by od věci mít kompaktní a funkční a moderní středisko.

V optimálním případě by bylo možné ke středisku TVV připojit zóny II., III. a IV., které byly definovány v prostorové analýze. Dané prostory by pak musely projít rozsáhlými stavebními úpravami (např. sjednocení výšky stropů a podlah, odstranění nadbytečných oken ve vnitřních zdech výrobních hal atd.) a mohly by být využity pro rozvoj střediska.

Kdyby byl prostor dostatečně rozšířen, lze uvažovat o vybudování dopravníkového systému, který by obsluhoval všechny stroje na středisku.

7.2.5 End-of-Line paletizace

Posledním možným návrhem, který by přispěl pro zvýšení míry automatizace na středisku by bylo vytvoření pracoviště pro automatickou paletizaci výroby. Tento návrh by však bylo nutné realizovat společně s automatizovanou dopravou hotové výroby, jejíž možnosti byly představeny v kapitolách 7.2 a 7.4.

Pracoviště robotizované paletizace, které by pokrylo specifikace střediska TVV, by bylo prostorově náročné a pro jeho umístění by muselo být nutně využito zón II., III. nebo IV., které byly definovány v kapitole 6.1. Cenové parametry a vlastnosti takového řešení by byly variabilní v závislosti na prostoru, na počtu obsluhovaných strojů nebo i na typu robota.

Existují společnosti, které nabízejí univerzální a vyprojektované řešení automatické paletizace. Tato zařízení jsou poměrně kompaktní a je nutné počítat s malou pracovní schránkou. Zároveň jsou obvykle řešena pouze pro dvě palety. Cena zařízení na obrázku 18 je výrobcem stanovena na 73 000 €.



Obrázek 18 Paletizační řešení společnosti EasyPalletizer (EasyRobotics ApS, 2023)

7.3 Zhodnocení návrhů

V předcházející části kapitoly bylo představeno osm možných návrhů, jak zvýšit míru automatizace ve společnosti. V následující části budou tyto návrhy zhodnoceny. Finanční nákladnost navrhovaných řešení bude představena z dostupných dat od případných dodavatelů. Je však nutné zmínit, že představené ceny v sobě nebudou zahrnovat náklady na úpravu stávající infrastruktury.

Tabulka 11 Cenové zhodnocení návrhů (interní materiály společnosti)

Stroj	Cena I.
Balička ke KMD 78. 2.	250 000 €
Robot na skládání víček	38 000 €
Drtiče ke strojům RDM 45	49 000€ / kus
Modernizace strojového parku	>100 000 €
AGV	120 000 € / kus + 35 000 € modul na krabice
Skládačka na kartony	300 000 €
Komplexní přestavba a dopravníky	94 000 €
Robotická paletizace	490 000 €

Již bylo naznačeno, že vyčíslení některých návrhů může být komplikované – společnosti nechtěly data poskytnout anebo do návrhu vstupuje řada neznámých, které jeho konečnou cenu výrazně ovlivňují. Cenové odhady byly použity u následujících návrhů.

- **Balička KMD 78.2.** – cena byla stanovena odhadem na základě viditelných komponentů v celém soustrojí - 2 robotická ramena, balička společnosti Niverplast a dopravníkové systémy.
- **Modernizace strojového parku** – odhadnout cenu tohoto návrhu je takřka nemožné – není možné předpovědět, jestli by nová zařízení byla pouze přesunuta z jiných závodů, jestli by byly zakoupena zcela nová anebo byly zakoupeny stroje z druhé ruky.
- **Přestavba a dopravníky** – cena za dopravníky byla definována na základě předběžného jednání s integrátorem.
- **Paletizace na konci linky** – jak již bylo řečeno, paletizaci na konci linky by mohlo jít vyřešit dvěma způsoby – zakoupit hotové řešení anebo vyprojektovat vlastní.

Ačkoliv pro zavedení všech zmíněných návrhů existují dobré důvody, dva z nich byly identifikovány jako v současné době nerealizovatelné.

- **Balička ke KMD 78.2.** - Ačkoliv se jedná o vymyšlené a funkční řešení, tak pro společnost by bylo lepší zautomatizovat skládání kartonů a paletizaci na úrovni celého střediska.
- **Malé drtiče** – společnost si je vědoma neergonomické povahy činností, spojených s výsekovou fólií, ale jen zakoupení drtičů ke strojům RDM 45 by znamenalo 360 000 €. Dále by bylo zapotřebí zakoupit nasávání a vybudovat celou infrastrukturu potrubí, která by drt' vedla dále do shromažďovacích stanic.

7.4 Komplexní návrh

V poslední části návrhové práce bude vykonstruován návrh komplexní automatizace střediska TVV za užití dílčích prvků popsanych v předcházející části kapitoly. Ostatní prvky nejsou v následující koncepci zahrnuty z důvodu jejich vzájemné nekompatibility.

Automatizace střediska TVV se v tomto návrhu skládá ze tří hlavních oblastí.

- **Skládání kartonů** – návrh počítá se zakoupením stroje na skládání kartonů a tím tedy i s ušetřením práce operátorů
- **Dopravní systém** – plynulá doprava materiálů a výrobků po středisku by mohla být probíhat s pomocí dopravníkových pásů
- **End-of-Line paletizace** – prostor pro přesun krabic s hotovou výrobou na jednotlivé palety

Každá z těchto oblastí vyžaduje další prostor. Analytická část práce odhalila čtyři potenciální místa, na které by se nová zařízení mohla umístit nebo která by mohla využívat.

Zóna I. by musela být předefinována z hlediska pracovního prostoru a musely by z ní být vyklizeny veškeré pomocné materiály, které ji v současné době blokují. Zóna by se pak stala dopravním koridorem pro poskládané prázdné krabice a zároveň by v ní byly odváděny krabice s hotovými výrobky.



Obrázek 19 Ukázka zaskládaného koridoru (vlastní zpracování)

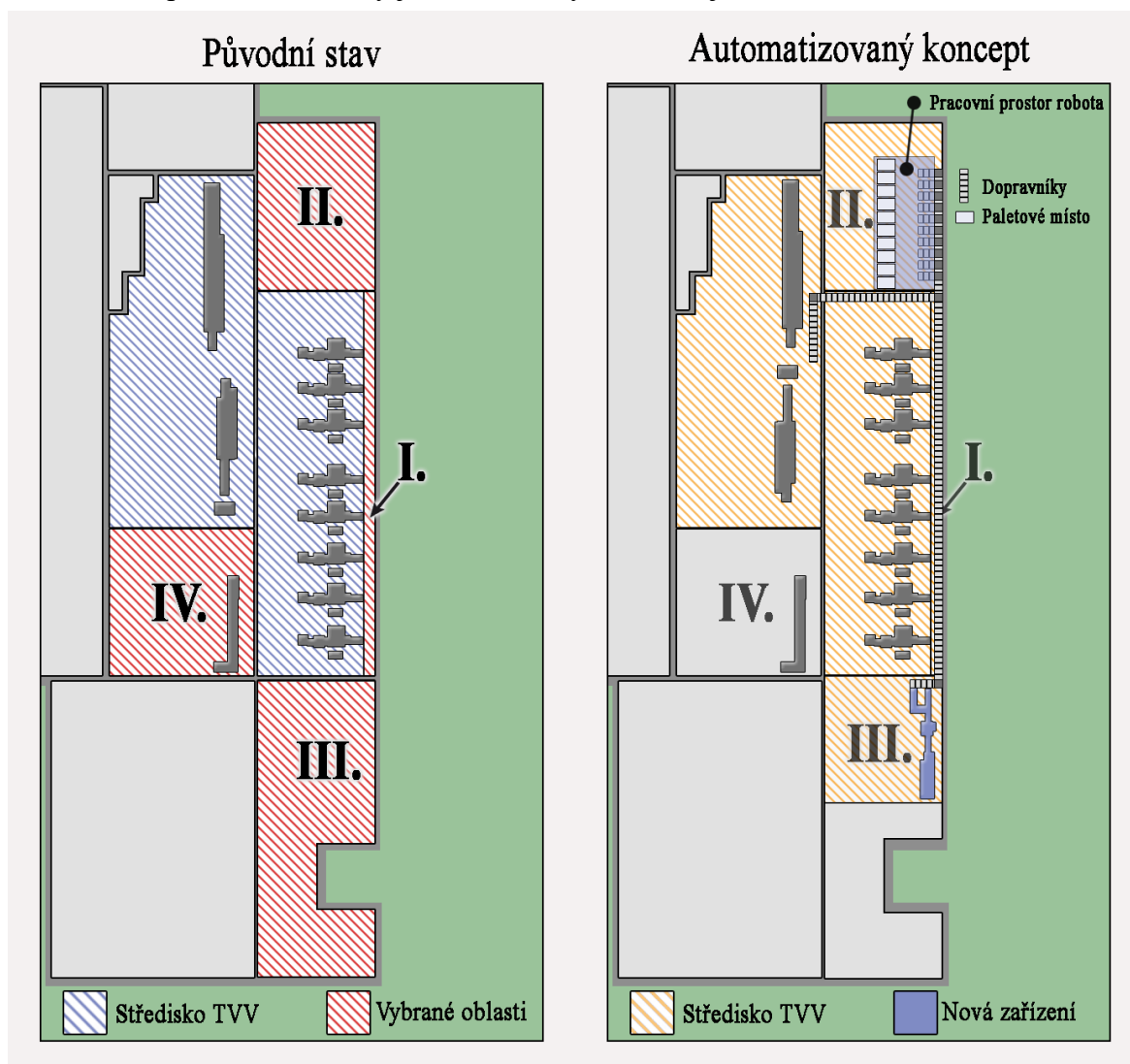
V definované **zóně II.** by musel vzniknout prostor pro paletizaci. Muselo by dojít k přesunu skladu elektro údržby a zejména by muselo nutně dojít ke stavebním úpravám v prostoru. Těmi by vzniklo nové místo pro robotizované pracoviště.

Ze zóny III. by muselo být odstěhováno pracoviště interní kvality a na toto místo by byl umístěn stroj CombiPlast, který skládá kartonové krabice a vkládá do nich sáčky. Byla by jím však zabrána jen část definovaného prostoru.

V tomto konceptu zůstává zóna IV. součástí střediska Potisk a dále nás nezajímá.

Z prostorového hlediska by byla nutná jedna poslední úprava. Vedení dopravníků ke strojům Kiefel ve vedlejší hale by protínalo logistické koridory. Konstrukce dopravníků se výrazně ulehčí, když bude jeden ze strojů otočen o 180 stupňů.

Navrhované prostorové změny jsou zobrazeny v následujícím schématu.

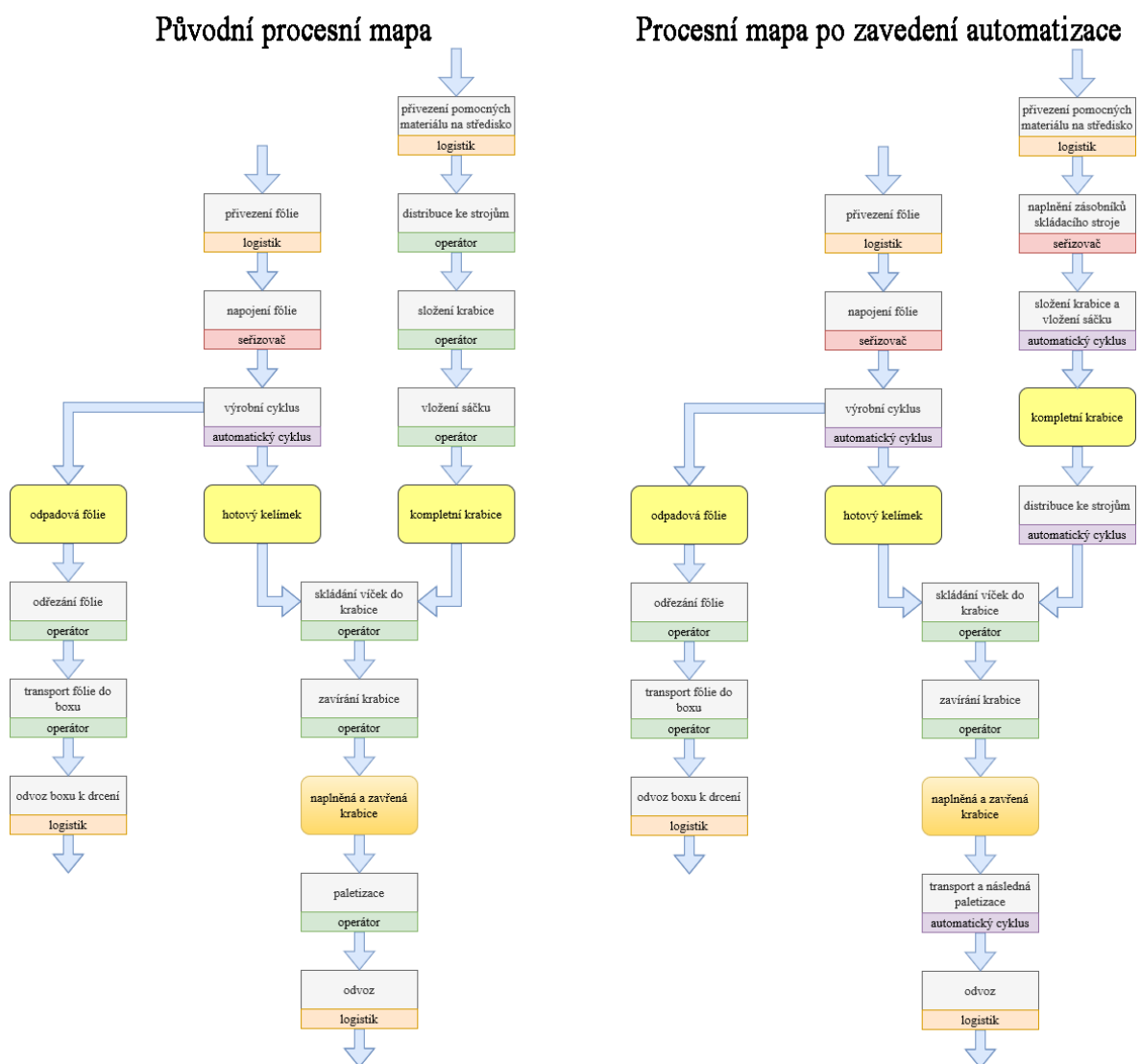


Obrázek 20 Koncept automatizovaného střediska (vlastní zpracování)

Po vysvětlení případného prostorového uspořádání je nutné představit dvě vlastnosti automatizované koncepce, které ze schématu jasně nevyplývají.

- **Dopravníky** – v nabízené návrhu střediska je počítáno s dvoupatrovým dopravníkem, a to z důvodu toho, že je potřeba na pracoviště vozit seskládané prázdné krabice ze skládačky umístěné v zóně III. a zároveň odvážet hotovou výrobu
- **Robotizovaná paletizace** – v tomto případě je počítáno s velkým portálovým robotem, který bude pohyblivý a zvládne tak obsloužit prostor 11 x 5 metrů.

Se znalostí prostorových změn a vlastností automatizovaného systému můžeme odhadnout, jaké změny nastanou v pracovním procesu. V následující vizualizaci jsou změny dány do kontrastu s původním stavem, který byl představen v kapitole 6. 2.



Obrázek 21 Porovnání procesní mapy (vlastní zpracování)

I u procesní mapy je nutné některé jevy specifikovat slovně.

- **Skládání krabic bez operátorů** – návrh počítá s tím, že operátoři se již nebudou angažovat v přípravě kartonových krabic. Výhody tohoto řešení pro operátory již byly zmiňovány několikrát – menší ergonomická zátěž a uvolnění zhruba hodiny a půl z každé směny. Co však nebylo zmiňováno je to, že předpřipravené krabice ležely v okolí pracovních stolků a zabíraly zbytečně moc místa (viz. Obrázek 17). Nový systém by krabice doručovat just-in-time.
- **Paletizace** – i pro tento jev platí podobný popis. Navíc je však nutné zmínit fakt, že by centrální paletizace střediska vedla k uvolnění místa na jednotlivých pracovištích (nebyla by přítomna europaleta s hotovou výrobou) a zlepšila by podmínky průchodnosti. Na úrovni střediska by pak mohly být odstraněny zásobníky na europalety, které zabírají prostor.

Z organizačního hlediska střediska by se v případě navrhnuté automatizace dalo uvažovat o snížení počtu operátorů na směnu – zejména na strojích Kiefel by potenciálně šla zavést dvoj strojová obsluha.

V popisech jednotlivých prvků navrhované automatizace byly výhody zavedení průběžně popisovány. Nyní budou v krátkosti shrnuty.

- **Snížení pracovní náplně** – stroje by nahradily operátory ve skládání krabic a paletizaci, to by vedlo k rozvolnění pracovního dne
- **Plynulejší výroba** – pravidelnost automatizovaného systému by v konečném důsledku vytvořila plynulejší výrobu
- **Snížená ergonomická zátěž** – operátorům by byli osvobozeni od vykonávání části neergonomických činností
- **Ušetření prostoru** – z každého pracoviště by zmizela paleta s rozdělanou/hotovou výrobou, zmizely by předpřipravené hotové kartony a také složené kartony a sáčky

Případné nevýhody nabízeného systému jsou následující.

- **Nové stroje a jejich údržba** – zakoupení nových zařízení by vyžadovalo finanční prostředky a rovněž nesmíme neopomenout náklady spojené s údržbou těchto zařízení
- **Stavební úpravy** – v případě zavedení navrhnuté automatizace by minimálně definovaná zóna II. vyžadovala stavební úpravy

Poslední část tohoto návrhu je stručná finanční analýza. Ta se skládá z dílčích návrhu, které byly zmíněny v předcházející části práce. I zde platí, že uvedené ceny jsou orientační a jsou dané pouze za strojní zařízení; nejsou v nich započítány náklady na úpravu infrastruktury výrobních hal.

- **Skládací stroj na kartony** – výrobce zařízení CombiPlast udává cenu 300 000 €, jedná se o odhad, který by byl ovlivněn hlavně tím, kolik by bylo třeba skládat různých velikostí kartonů, jak bylo zmíněno dříve
- **Dopravníkový systém** – cena 94 000 € byla vytvořena na základě předběžného odhadu od integrátora
- **Robotizovaná paletizace** – největší položkou v této automatizované koncepci by bylo právě robotizované pracoviště; orientační cenová nabídka pro adekvátní projekt je zhruba 490 000 € (jen polovinu této ceny tvoří robotické rameno, jeho programování, pojezdová dráha a dokovací systém pro palety)

V případě, že by navrhované řešení bylo realizováno tak, jak je navrženo, očekávatelné výdaje by tedy začínaly na **884 000 €** (cca 22 100 000 Kč).

Z důvodů snížené pracovní náplně by pak bylo možné zavést více strojovou obsluhu – stroje Kiefel by mohly být obsluhovány pouze jedním operátorem a stroje RDM 45 by bylo možné pokrýt pouze 3 operátory. To by znamenalo ušetření dvou pracovníků na směnu. Roční náklad na jednoho operátora činí dle interních materiálů společnosti 700 000 Kč. To po sečtení znamená, že náklady na pracovníky by mohly ušetřit 4,2 milionu korun za rok.

$$22\ 100\ 000 / 4\ 200\ 000 = \underline{\underline{5,26\ \text{roku}}}$$

Návratnost investice do tohoto projektu by tedy byla více než pět let. Nejedná se o extrémní hodnotu a o této investici by šlo zcela určitě uvažovat.

Závěrem návrhu je také nutné podotknout, že by mohlo dojít k některým modifikacím. Nabízí se náhrada dopravníků za AGV, které by byly více flexibilní, ale zároveň výrazně nákladnější. Bylo by možné uvažovat o jiném prostorovém rozložení automatizace nebo například o použití jiného typu robota pro paletizaci. Možností existuje celá řada.

Navrhované řešení má své výhody i nevýhody, ale z hlediska rozvoje podniku můžeme předpokládat, že v dohledné době k realizaci obdobného řešení skutečně dojde.

ZÁVĚR

Hlavní cíl této práce byl návrh systému, který by zvýšil podíl automatizaci na vybraném středisku ve vybrané společnosti. Dílčím cílem pak bylo poskytnout komplexní pohled na současný stav fungování vybraného střediska a identifikace problematických míst ve výrobním procesu, které by šly vyřešit automatizovanou technikou.

Text práce je rozdělen na teoretickou a praktickou část. V teoretické části práce jsou představeny základní termíny z oblasti výroby, automatizace a robotizace. V praktické části je popsána vybraná společnost, je za použití metod snímkování, analýzy firemní dokumentace, přímého pozorování atd. je provedena hloubková analýza vybraného střediska a po ní jsou představeny návrhy z oblasti automatizace, které by byly na daném středisku aplikovatelné. V této části práce bylo rovněž navrhnut rozsáhlý automatizovaný systém, který by obsluhoval celé středisko, byl finančně zhodnocen a jeví se jako realizovatelný.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AGILOX [online], 2022. Neukirchen bei Lambach: AGILOX Services GmbH [cit. 2024-04-27]. Dostupné z: <https://www.agilox.net/en/>

BENEŠ, Pavel. *Automatizace a automatizační technika: prostředky automatizační techniky*. 5., rozš. a aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2014. ISBN 9788025137475.

Boston Dynamics [online], © 2024. Waltham: Boston Dynamics [cit. 2024-05-01]. Dostupné z: <https://bostondynamics.com/>.

EasyRobotics [online], © 2024. Sønderborg: EasyRobotics ApS [cit. 2024-04-22]. Dostupné z: <https://easyrobotics.biz/product/easypalletizer-pro/>

FLÍDR, Jiří. *Propojení výroby a informačních systémů v praxi*. Grada, 2023. ISBN 978-80-271-2459-6.

Greiner AG [online], © 2024. Kremsmünster: Greiner [cit. 2024-04-20]. Dostupné z: <https://www.greiner.com/en/>.

Greiner AG Annual and Sustainability Report 2023 [online], © 2024. Kremsmünster: Greiner [cit. 2024-04-20]. Dostupné z: <https://www.greiner.com/en/greiner-group/annual-and-sustainability-report/report-2023/>

GROOVER, Mikell P. *Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing*. 3rd ed. *Pearson international edition*. Upper Saddle River: Pearson/Prentice-Hall, 2008. ISBN 9780132070737.

International Federation of Robotics [online], © 2024. Frankfurt am Main: IFR [cit. 2024-04-27]. Dostupné z: <https://ifr.org/>.

KEŘKOVSKÝ, Miloslav a VALSA, Ondřej. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3., dopl. vyd. *C.H. Beck pro praxi*. V Praze: C.H. Beck, 2012. ISBN 9788071793199.

KOLÍBAL, Zdeněk. *Roboty a robotizované výrobní technologie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně - nakladatelství VUTIUM, 2016. ISBN 9788021448285.

Rapid Granulator [online], 2022. Bredaryd: Rapid Granulator [cit. 2024-04-22]. Dostupné z: <https://www.rapidgranulator.com/en/products/granulators/300-lbb/>

TOMEK, Gustav a VÁVROVÁ, Věra. *Integrované řízení výroby: Od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4486-5.

USTUNDAG, Alp a CEVIKCAN, Emre. *Industry 4.0: managing the digital transformation. Springer series in advanced manufacturing*. Cham, Switzerland: Springer, [2018]. ISBN 9783319578699.

WILSON, Mike. *Implementation of robot systems: an introduction to robotics, automation, and successful systems integration in manufacturing*. Amsterdam: Elsevier, BH, 2015. ISBN 9780124047334.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AB administrativní budova

AGV automated guided vehicle

EBM extrusion blow moulding

LILA lean intralogistic application

M&M Mould&Matic

TVK tvarování kelímků

TVV tvarování víček

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Typy kolaborace robotů (IRF, 2024).....	21
Obrázek 2 Model Spot (Boston Dynamics, 2024).....	22
Obrázek 3 Model Atlas (Boston Dynamics, 2024).....	23
Obrázek 4 Schéma budov slušovického greineru (vlastní zpracování)	29
Obrázek 5 Vizualizace nové úpravy budov (interní materiály společnosti).....	30
Obrázek 6 Organizační struktura firmy (interní materiály společnosti).....	31
Obrázek 7 Schéma střediska TVV (interní materiály společnosti, vlastní úprava)	33
Obrázek 8 Procesní mapa (vlastní zpracování).....	35
Obrázek 9 Organizační struktura střediska TVV (vlastní zpracování).....	38
Obrázek 10 Série problematických úchopů při skládání krabic (vlastní zpracování)	44
Obrázek 11 Box s výsekovou fólií (vlastní zpracování).....	46
Obrázek 12 Pohled do balící sestavy (interní materiály společnosti).....	49
Obrázek 13 Robotické rameno u stroje LidLine (vlastní zpracování).....	51
Obrázek 14 Drtič 300-LKBB (Rapid Granulator, 2022)	52
Obrázek 15 AGV společnosti Agilox (AGILOX Services GmbH, 2022).....	54
Obrázek 16 Modul na převoz krabic (AGILOX Services GmbH, 2022)	54
Obrázek 17 3D zobrazení stroje CombiPlast (interní materiály společnosti).....	56
Obrázek 18 Paletizační řešení společnosti EasyPalletizer (EasyRobotics ApS, 2023)	58
Obrázek 19 Ukázka zaskládaného koridoru (vlastní zpracování)	60
Obrázek 20 Koncept automatizovaného střediska (vlastní zpracování).....	61
Obrázek 21 Porovnání procesní mapy (vlastní zpracování)	62

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Úroveň automat. stroje (Unstundag a Cevikcan, 2018, s. 44, vlastní úprava) ...	19
Tabulka 2 Druhy senzorů a poskytovaná data (Beneš, 2014, s. 5, vlastní úprava)	19
Tabulka 3 Seznam strojních zařízení s relevantními informacemi (vlastní zpracování)	36
Tabulka 4 Počty pracovníků na směně TVV (vlastní zpracování)	39
Tabulka 5 Pracovní činnosti dělníka na TVV (vlastní zpracování, interní dokumentace) ..	40
Tabulka 6 Snímek pracovního dne na strojích RDM 45 (vlastní zpracování).....	41
Tabulka 7 Snímek pracovního dne na strojích Kiefel (vlastní zpracování).....	42
Tabulka 8 Počty jednotlivých druhů kartonů a sáčků (vlastní zpracování)	44
Tabulka 9 Produktivita strojů (interní data společnosti).....	45
Tabulka 10 Váhy jednotlivých výseků (vlastní zpracování)	46
Tabulka 11 Cenové zhodnocení návrhů (interní materiály společnosti)	59

