

Optimalizace výrobního procesu vybraného produktu

Bc. Petr Liška

Diplomová práce
2025



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: 2024/2025

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Petr Liška
Osobní číslo:	M22325
Studijní program:	N0488P050002 Průmyslové inženýrství
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Optimalizace výrobního procesu vybraného produktu

Zásady pro vypracování

Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

I. Teoretická část

- Zpracujte literární rešerši zabývající se daným tématem a formulujte teoretická východiska pro zpracování části praktické.

II. Praktická část

- Proveďte analýzu současného stavu výrobního procesu vybraného produktu.
- Vyhodnotte výsledky analýzy a na jejich základě navrhněte vhodná doporučení.
- Vypracujte návrh optimalizace a zvýšení efektivity výroby vybraného produktu.
- Návrh ekonomicky zhodnotte.

Závěr

Rozsah diplomové práce: **cca 70 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

BRAU, Sebastian J. *Lean 4.0 manufacturing*. Boca Raton: American Lean SD, 2016. ISBN 978-15-393-2294-8.
DENNIS, Pascal. *Lean production simplified: a plain-language guide to the world's most powerful production system*. 3th ed. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2016. ISBN 978-14-98708-87-6.
CHROMJAKOVÁ, Felicita; TUČEK, David a BOBÁK, Roman. *Projektování výrobních procesů pro Průmysl 4.0*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2017. ISBN 978-80-7454-680-8.
CHROMJAKOVÁ, Felicita. *Zvyšování výkonnosti výrobních a administrativních procesů*. Žilina: Georg, 2015. ISBN 978-80-8154-122-3.
JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada, 2016. ISBN 978-80-247-5717-9.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Felicita Chromjaková, PhD.**
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Datum zadání diplomové práce: **10. února 2025**
Termín odevzdání diplomové práce: **25. dubna 2025**

L.S.

doc. Ing. Michal Pilík, Ph.D.
děkan

prof. Ing. David Tuček, Ph.D.
garant studijního programu

Ve Zlíně dne 10. února 2025

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

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

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně, dne

.....
podpis autora

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na optimalizaci výrobního procesu vybraného produktu ve společnosti podnikající v oblasti gumárenské a plastikářské technologie. Pomocí vybraných metod a nástrojů průmyslového inženýrství je cílem práce zvýšení objemu produkce a s ní související automatizace výrobního procesu. V teoretické části je vypracována literární rešerše, která slouží jako východisko pro navazující praktickou část. V praktické části je představena společnost, její klíčové aspekty, následně popsán a zanalyzován výrobní proces vybraného produktu. Pro splnění cíle je vypracován projekt, jenž v jednotlivých posloupných krocích uvádí postup a implementaci změn ve výrobním procesu. Následuje navržení a srovnání možných řešení optimalizace. Poslední fází jsou ekonomická kritéria a celkové zhodnocení dosažení přínosu projektu.

Klíčová slova: průmyslové inženýrství, proces, optimalizace, projekt, implementace

ABSTRACT

This diploma thesis focuses on optimizing the production process of a selected product in a company operating in the field of rubber and plastics technology. Using selected methods and tools of industrial engineering, the aim of the thesis is to increase production volume and related automation of the manufacturing process. The theoretical part includes a literature review, which serves as a basis for the following practical part. The practical section introduces the company, outlines its key aspects, and subsequently describes and analyzes the production process of the selected product. In order to achieve the objective, a project is developed that presents a step-by-step procedure and implementation of changes in the production process. This is followed by the proposal and comparison of possible optimization solutions. The final phase covers economic criteria and an overall evaluation of the project's benefits.

Keywords: industrial engineering, process, optimization, project, implementation

Na tomto místě chci srdečně poděkovat paní prof. Ing. Felicitě Chromjakové, PhD. za vedení mé diplomové práce, trpělivost, cenné rady a věcné připomínky. Nejednalo se jen o samotné vypracování této práce, ale i o příjemnou spolupráci.

Dále bych rád poděkoval celé své rodině, zejména svým malým synům a ženě za bezmeznou podporu a energii, kterou mně dodávali nejen při psaní práce, ale hlavně po celou dobu studia.

OBSAH

ÚVOD.....	13
CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE.....	14
I TEORETICKÁ ČÁST.....	15
1 PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ.....	16
1.1 HISTORIE PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ	17
1.2 ROLE PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRA V SOUČASNOSTI	17
1.3 VZTAH PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ A DIGITALIZACE	18
2 VÝROBA.....	19
2.1 PLÁNOVÁNÍ VÝROBY	19
2.2 PROCES	20
2.3 VÝROBNÍ PROCES	20
2.4 ŠTÍHLÁ VÝROBA	22
2.4.1 Stručná historie štíhlé výroby.....	23
2.4.2 Nové přístupy k flexibilní a inteligentní výrobě	24
2.5 ZÁKLADNÍ PILÍŘE A NÁSTROJE ŠTÍHLÉ VÝROBY	24
2.6 PARAMETRY PRO POSOUZENÍ ŠTÍHLÉ VÝROBY A LOGISTIKY	25
2.7 PLÝTVÁNÍ A JEHO ELIMINACE.....	26
2.8 OPTIMALIZACE PRACOVÍŠTĚ.....	27
2.9 KVALITA VÝROBY	28
2.10 OUTSOURCING.....	28
3 PRŮMYSL 4.0	29
3.1 VÝVOJ PRŮMYSLOVÝCH REVOLUCÍ	29
3.2 HLAVNÍ PRVKY PRŮMYSLU 4.0	30
3.3 PRŮMYSL 5.0.....	31
4 UMĚLÁ INTELIGENCE A STROJOVÉ UČENÍ VE VÝROBĚ.....	32
4.1 HISTORIE UMĚLÉ INTELIGENCE.....	32
4.2 HISTORIE STROJOVÉHO UČENÍ	32
4.3 STROJOVÉ UČENÍ	33
4.3.1 Automatizované optické systémy	34
4.3.2 Neuronové sítě	34
5 PROJEKTOVÉ ŘÍZENÍ	36
5.1 PROJEKTOVÝ TÝM	36
5.2 PLÁNOVÁNÍ A ŘÍZENÍ RIZIK PROJEKTŮ	36
5.3 METODIKA SMART, RASCI, RIPRAN, SWOT.....	37

5.3.1	Metody SMART a RASCI	37
5.3.2	SWOT analýza	38
5.3.3	RIPRAN analýza	39
6	SHRNUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI.....	40
II	PRAKTICKÁ ČÁST	41
7	PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI	42
7.1	O SPOLEČNOSTI	42
7.2	ORGANIZAČNÍ STRUKTURA.....	43
7.3	PORTFOLIO PRODUKTŮ	44
8	POPIS VÝROBNÍHO PROCESU VYBRANÉHO PRODUKTU	47
8.1	VYBRANÝ PRODUKT	47
8.2	ROZMÍSTĚNÍ PRACOVÍŠŤ A TOK MATERIÁLU	47
8.3	PRACOVÍŠTĚ PŘÍPRAVY VSTUPNÍHO MATERIÁLU	48
8.4	PRACOVÍŠTĚ VÝROBY VLASTNÍHO PRODUKTU	51
8.5	PRACOVÍŠTĚ KONTROLY KVALITY	54
8.6	TYPY ZKOUŠEK A PLÁN REAKCÍ	55
9	ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	57
9.1	LAYOUT, PROCESNÍ ČASY A KAPACITA PRVNÍHO PRACOVÍŠTĚ	57
9.2	LAYOUT, PROCESNÍ ČASY A KAPACITA DRUHÉHO PRACOVÍŠTĚ.....	59
9.3	ANALÝZA PRACOVÍŠTĚ KONTROLY KVALITY	62
10	SHRNUTÍ ANALÝZY	64
11	CHARAKTERISTIKA PROJEKTU	65
11.1	DEFINOVÁNÍ A ZÁKLADNÍ INFORMACE O PROJEKTU	65
11.2	HARMONOGRAM PROJEKTU	67
11.3	RIPRAN ANALÝZA	68
12	OPTIMALIZACE A NAVRHOVANÉ ZMĚNY VÝROBNÍHO PROCESU	71
12.1	OPTIMALIZACE VÝROBNÍHO PROCESU NA PRACOVÍŠTI PŘÍPRAVY VSTUPNÍHO MATERIÁLU	71
12.1.1	Výchozí stav výroby.....	71
12.1.2	Požadovaný stav výroby.....	72
12.1.3	Řešení přijetím pracovníků	73
12.1.4	Řešení reengineeringem procesu.....	74
12.1.5	Porovnání jednotlivých variant z hlediska nákladů.....	75
12.1.6	Design výrobního procesu po optimalizaci a nový layout pracoviště.....	77
12.2	OPTIMALIZACE NA PRACOVÍŠTI VÝROBY PRODUKTU	79
12.2.1	Varianta 1 - navýšení počtu operátorů	79

12.2.2	Varianta 2 – pomocí optimalizace a modernizace následujícího pracoviště	79
12.2.3	Optimalizace vlastního výrobního procesu na pracovišti	81
12.3	OPTIMALIZACE NA PRACOVIŠTI KONTROLY KVALITY	82
12.3.1	Navržení stroje na optickou kontrolu kvality	82
12.3.2	Implementace stroje do procesu	84
12.3.3	Proces strojového učení	86
12.3.4	Layout pracoviště po optimalizaci procesu	87
12.4	SWOT ANALÝZA PROJEKTU	88
13	EKONOMICKÁ KRITÉRIA A VYHODNOCENÍ PROJEKTU	89
13.1	ODHAD NÁKLADŮ NA PROJEKT	89
13.2	ZMĚNY V PRODUKTIVITĚ	90
13.3	NÁVRATNOST INVESTICE	90
ZÁVĚR		92
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		93
SEZNAM OBRÁZKŮ		97
SEZNAM TABULEK		99
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		100
SEZNAM PŘÍLOH		101

ÚVOD

Trendem současného průmyslového prostředí, jenž je ovlivňováno rychlým vývojem technologií, rostoucími nároky na kvalitu, efektivitu, je schopnost firem pružně reagovat na tyto změny a zároveň si tak držet konkurenční výhodu. Nástup Průmyslu 4.0, jehož hlavními pilíři jsou digitalizace, automatizace a inteligentní řízení výroby, přinesl firmám nejen technologické možnosti, ale i potřebu změn způsobu plánování, výroby i kontroly kvality svých produktů.

V této souvislosti je extrémně důležité se zaměřit na optimalizaci výrobních procesů, minimalizaci plýtvání a zavádění metod průmyslového inženýrství za účelem dosažení vyšší produktivity, snížení nákladů a zajištění stabilní kvality. Efektivní řízení toku materiálu a práce představuje základní předpoklad pro úspěšnou transformaci směrem k digitalizaci a aktuálním inovacím ve výrobě.

Tato diplomová práce se zabývá optimalizací výrobního procesu vybraného produktu ve společnosti působící v oblasti automobilového průmyslu. Hlavním podkladem zpracování práce je požadavek společnosti o navýšení denní produkce při současném zajištění kvality a implementace moderní technologie.

Teoretická část práce je zaměřena na principy průmyslového inženýrství, metody štihlé výroby, moderní přístupy automatizace a AI ve výrobě. Slouží jako podklad pro část praktickou.

Praktická část zahrnuje podrobnou analýzu současného stavu jednotlivých pracovišť výroby vybraného produktu, zhodnocení kritických míst a návrhy optimalizace včetně časového, kapacitního i ekonomického zhodnocení.

Výsledkem navazující projektové části je zvýšení kapacity výroby dle požadavků společnosti, zvýšení produktivity, zlepšení prostorového uspořádání pracovišť, efektivnější využití lidských i technických zdrojů. Součástí výstupu je i zavedení moderní strojové technologie, která reflektuje trendy průmyslové výroby a transformuje výrobní proces.

Jelikož si společnost považuje své know-how za jedno z nejcennějších aktiv, je v práci respektován požadavek a předpoklad vypracování této práce v podobě neuvedení jejího názvu. Zároveň i některé hodnoty a čísla jsou upraveny, ale to vždy tak, aby neovlivnily výsledek a jeho závěry.

CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Hlavním cílem této diplomové práce je optimalizace výrobního procesu vybraného produktu s cílem navýšit výrobní kapacitu o 6 000 ks za den pomocí metod a přístupů průmyslového inženýrství.

Dílčím cílem je implementace automatizované optické kontroly kvality strojem se schopností strojového učení, reorganizace pracovní síly mezi úseky bez nutnosti náboru nových operátorů a doložení ekonomického přínosu optimalizačních opatření.

Data jsou získána pomocí přímého pozorování výroby o výkonnosti procesů, kapacitách a časových parametrech, rozhovory se zaměstnanci a vedoucími pracovišť. Dalším zdrojem informací je čerpání z interních dat společnosti.

Projektový cíl je popsán podle metody SMART, jejímž prostřednictvím jsou definovány jeho parametry. Cíl je specifický (zvýšení produkce optimalizací procesu), měřitelný (o 6000 ks za den), akceptovatelný (na žádost vedení), reálný (výsledky výpočtů) a termínovaný (do 6 měsíců od spuštění projektu). Touto metodou je charakterizován nejen hlavní cíl, ale i dílčí cíl a plnění obou cílů v práci na sebe navazuje.

Další použité metody během zpracování práce jsou:

- ✓ Procesní analýza ke zmapování a kvantifikace jednotlivých výrobních kroků na všech třech pracovištích
- ✓ Výpočet procesních časů pro posouzení vytížení kapacit strojů a pracovníků
- ✓ SWOT analýza pro přehled silných a slabých stránek, příležitostí a hrozeb navrhovaných změn
- ✓ RIPRAN analýza k identifikaci a hodnocení rizik spojených s realizací projektu
- ✓ Ishikawa diagram k zobrazení příčin vedoucích k tvorbě zmetku
- ✓ Ganttův diagram pro vizualizaci harmonogramu optimalizačních opatření
- ✓ RASCI matice pro rozdělení a přiřazení zodpovědností členům v týmu v projektu

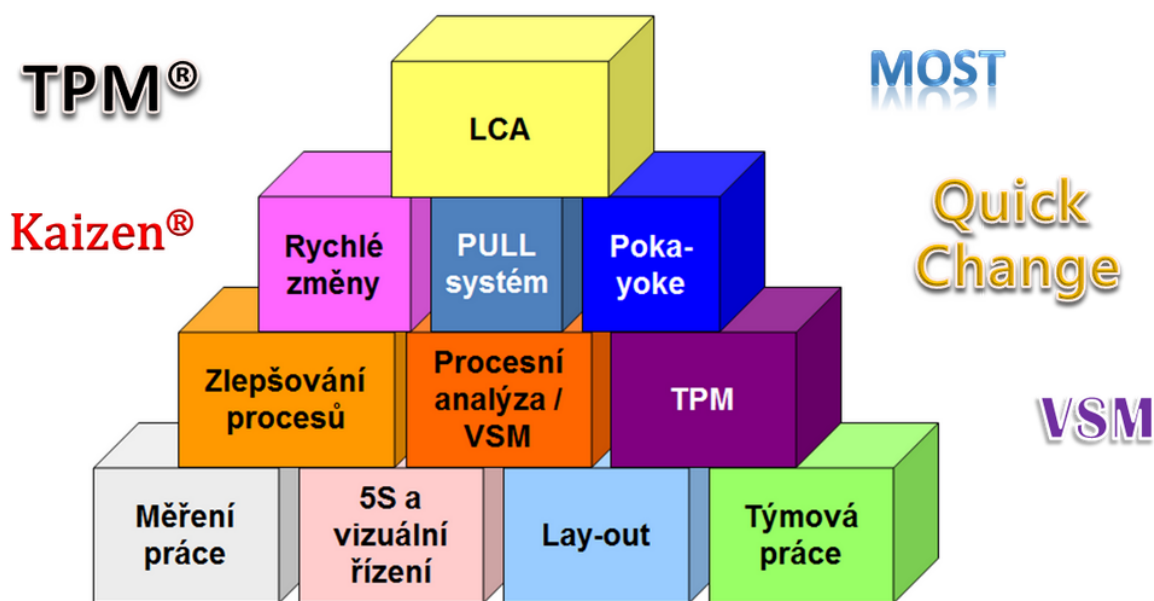
Provedení těchto metod a dalších datových analýz vede k tvorbě a zhodnocení navrhovaných řešení. Navrhovaná řešení pak reflektují stanovené cíle projektu a za pomoci ekonomických ukazatelů zhodnocují i ekonomický smysl projektu.

I TEORETICKÁ ČÁST

1 PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ

Průmyslové inženýrství je disciplína, která se zaměřuje na systematické odstraňování ztrát v oblasti výroby. Jeho hlavním cílem je minimalizovat plýtvání v provozu a zároveň účinně propojit výrobní a podpůrné procesy tak, aby mezi nimi docházelo k funkční spolupráci. Klade důraz na neustálé zvyšování efektivity, podporu inovačních přístupů a kontinuální zlepšování podnikových činností. Zásadní roli hraje schopnost rozpoznat a rozvíjet činnosti s přidanou hodnotou, které vznikají vzájemným působením lidských zdrojů, technologií a výrobních procesů, které zákazník skutečně vnímá jako přínosné. (Chromjaková, 2013)

Jurová (2016) doplňuje, že dříve bylo průmyslové inženýrství spojováno především s klasickým normováním práce a optimalizací výrobních linek, dnes se jeho role významně rozšířila. Moderní průmyslový inženýr je nositelem změn v oblasti digitalizace, automatizace i udržitelného řízení výroby. V praxi přináší inovativní řešení, která snižují náklady, zkracují průběžnou dobu výroby a zvyšují kvalitu.



Obrázek 1 Průmyslové inženýrství

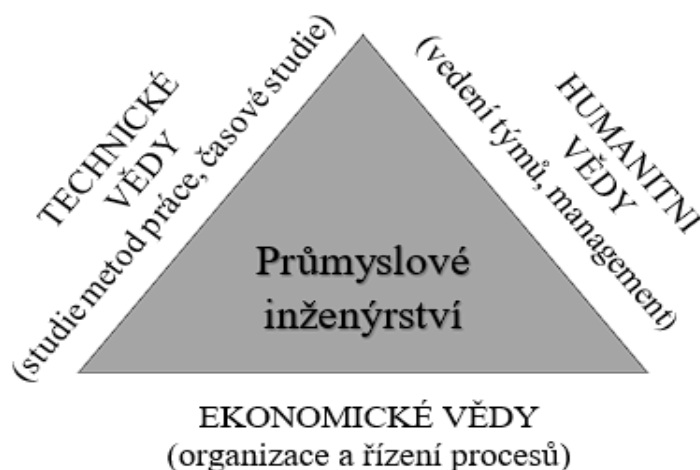
(zdroj: Institut Průmyslového Inženýrství, © 2022)

Význam průmyslového inženýrství stoupá i v kontextu digitalizace a transformace podniků v duchu Průmyslu 4.0, kde je nezbytné propojit tradiční principy štíhlé výroby s moderními technologiemi, sběrem dat a inteligentním řízením. Průmyslové inženýrství se tak stává strategickým klíčem pro řízení změn a zvyšování dlouhodobé konkurenceschopnosti podniku (Chromjaková, 2015).

1.1 Historie průmyslového inženýrství

Průmyslové inženýrství vzniklo na konci 19. století, kdy Frederick W. Taylor položil základy vědeckého řízení práce. Jeho cílem bylo zvýšit produktivitu pomocí měření, standardizace a zefektivnění výrobních činností. Na jeho práci navázal Charles Babbage, který upozorňoval na význam učení a zkušeností při vykonávání pracovních činností, a Henry R. Towne s Frederickem A. Halseym, kteří zkoumali vztah mezi produktivitou a náklady. Další rozvoj oboru přinesli Frank a Lillian Gilbrethovi, kteří se zaměřili na studium pohybů, psychologii práce a efektivitu člověka na pracovišti. Díky nim vzniklo dělení činností na produktivní a neproduktivní. Za klíčové představitele historie průmyslového inženýrství jsou kromě Taylora a Gilbrethových považováni i Gantt, Emerson a Hopf, kteří přispěli v oblasti plánování, kvality a bezpečnosti práce. (Chromjaková, 2013)

V éře 21. století podle Devezase et al. (2017) se průmyslové inženýrství transformuje a rozšiřuje své působení o nové oblasti, jako je datová analytika, umělá inteligence či kyberneticko-fyzikální systémy. I přes tyto modernizační prvky zůstává jeho podstatou systematický a racionální přístup k řízení výkonnosti a neustálému zlepšování procesů v rámci organizace.



Obrázek 2 Trojdimenzionální rozměr průmyslového inženýrství

(zdroj: Chromjaková, 2013)

1.2 Role průmyslového inženýra v současnosti

Hrušecká et al. (2024) charakterizuje roli průmyslového inženýra v Průmyslu 4.0 jako roli, která přesahuje klasické rámce optimalizace procesů a zasahuje do oblastí digitálních

technologií, řízení změn a práce s lidskými zdroji. Jeho kompetence lze rozdělit do tří kategorií:

- Mindset (myšlení) – štíhlé myšlení podporuje kreativitu, odpovědnost a kritické uvažování, orientované na systémové řešení problémů a využití chytrých technologií pro tvorbu udržitelných a výkonných výrobních systémů
- Toolset (nástroje) – průmyslový inženýr využívá nástroje k identifikaci úzkých míst, analýze toků a navrhování zlepšení v rámci flexibilních a digitálně řízených výrobních procesů
- Skillset (dovednosti) – v digitálním prostředí je důležitá schopnost koordinovat procesní změny, vést týmy, analyzovat data a navrhovat inovace. Schéma kompetencí zahrnuje také znalosti digitální gramotnosti, organizace práce a funkčnosti procesů

Současný průmyslový inženýr tedy zastává roli integrátora – stmeluje technologii, lidi a procesy a pomáhá organizaci adaptovat se na rychle se měnící výrobní prostředí.

1.3 Vztah průmyslového inženýrství a digitalizace

Digitalizace představuje klíčový trend současného průmyslu, který zásadně mění způsoby návrhu, výroby i údržby strojních zařízení. Moderní průmyslové podniky přecházejí od analogových systémů ke komplexním digitálním řešením, kde hlavní roli hrají prvky jako internet věcí (IoT), umělá inteligence (AI), strojové učení (ML) a cloudové technologie. (Subbiah, 2022)

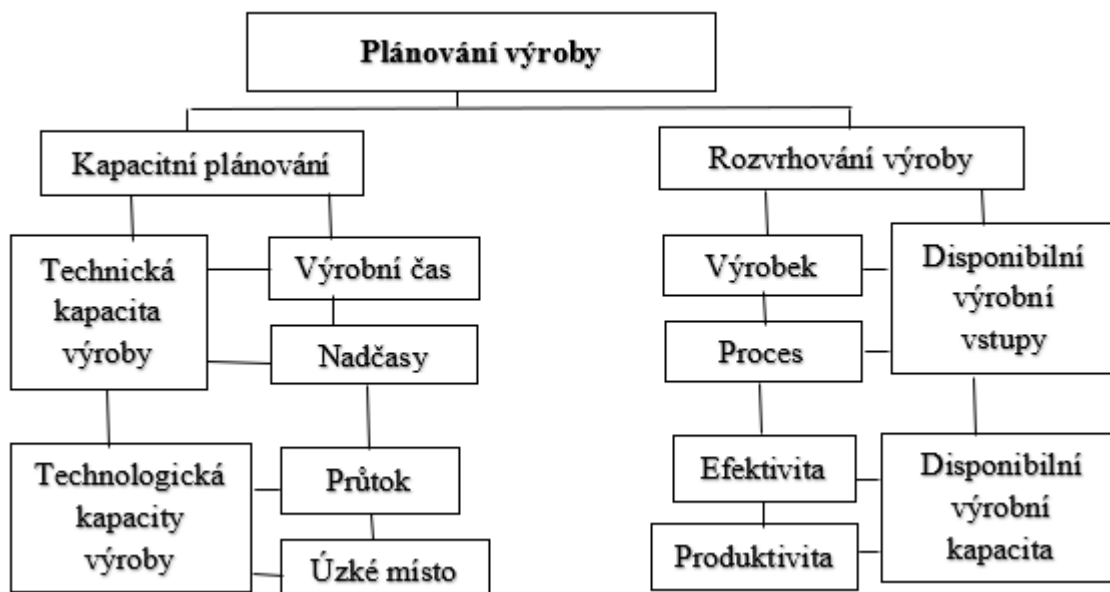
Cagánová et al. (2020) charakterizuje, že nástupem konceptu Průmyslu 4.0 dochází k zásadní proměně procesního řízení. Digitální transformace je spojena se čtyřmi klíčovými atributy řízení procesů: transparentností, flexibilitou v čase a prostoru, digitalizovanými IT službami a schopností kontinuálního řízení procesů. Procesní transparentnost znamená schopnost přesně identifikovat požadavky, obsah a výstupy procesů. Flexibilita v realizaci vyžaduje schopnost přizpůsobit se měnícím se podmínkám. Tyto změny podporují digitální nástroje a rozvoj digitální gramotnosti pracovníků, kteří musí být schopni komunikovat s novými technologiemi. Průmysloví inženýři se stávají „digitalizovanými manažery“, jejichž kompetence se rozšiřují o oblasti jako je práce s daty, vizualizace procesů, prediktivní analýzy nebo využití strojového učení. Klíčovými schopnostmi se stávají adaptabilita, ochota učit se a připravenost na neustálé změny.

2 VÝROBA

Výroba je proces přeměny výrobních faktorů (půdy, práce, kapitálu a informací) na zboží a služby, které uspokojují potřeby zákazníků. Nejde pouze o hmotné výstupy, ale i o služby, které mohou mít formu nehmotných statků. V podnikové praxi je výroba klíčovou činností, která ovlivňuje konkurenceschopnost, kvalitu a ekonomický úspěch firmy. Cílem výroby je efektivní využití dostupných zdrojů, minimalizace ztrát a maximalizace hodnoty. Výrobní systém zahrnuje prostory, zařízení, zaměstnance, materiály a další prvky, které je třeba sladit tak, aby proces probíhal plynule. Efektivita výroby pak slouží jako měřítko úspěchu celého systému. (Keřkovský a Valsa, 2012)

2.1 Plánování výroby

Plánování výroby je klíčový nástroj řízení výrobních procesů. Zaměřuje se na efektivní projektování, rozvrhování operací a kapacit s cílem sladit výrobní možnosti s požadavky trhu. Cílem je plynulý tok výroby při co nejnižších nákladech.



Obrázek 3 Komponenty datové analýzy tradičního výrobního konceptu plánování a rozvrhování výroby

(zdroj: Hrušecká et al., 2024)

Moderní podniky stále častěji využívají integrované přístupy, které kombinují plánování kapacit a zdrojů s flexibilním rozvrhováním. To přináší vyšší efektivitu a snižuje riziko zpoždění či nevyužitých kapacit. Dynamické plánování je zvláště přínosné v oblastech

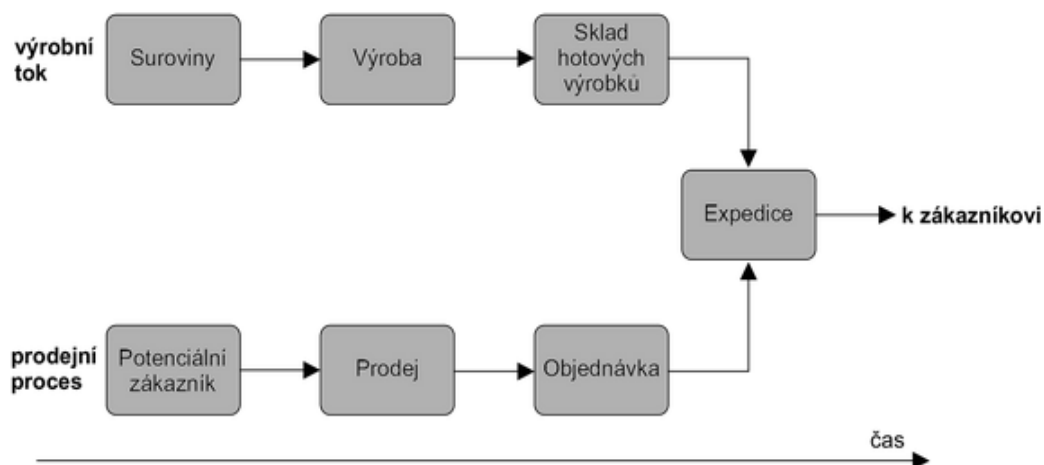
mění se poptávky nebo podmínek výroby. V kontextu Průmyslu 4.0 nabývá na významu tzv. smart výroba, využívající data z výroby, prediktivní modely a digitální nástroje. Tyto přístupy umožňují rychlé přizpůsobení změnám a zvyšují výkonnost výrobního systému. Roste také důraz na propojení plánování s oblastmi kvality, logistiky a údržby, čímž vzniká komplexní přístup pro zlepšování výkonnosti výroby. (Hrušecká et al., 2024)

2.2 Proces

Proces představuje klíčový nástroj řízení podnikových činností a změn, který slouží jako prostředek ke zvyšování efektivity, produktivity a flexibility organizace. Procesy lze chápat jako opakovatelné činnosti s měřitelnými výstupy, které propojují různé oblasti firmy, od lidí a technologií až po organizační struktury. Procesy se dělí na hlavní (tvořící hodnotu pro zákazníka), řídicí (zajišťující fungování a strategické řízení) a podpůrné (sloužící vnitřním potřebám). Klíčové je i jejich modelování pomocí nástrojů a standardů (např. ISO), které napomáhají vizualizaci, měření a optimalizaci. V hierarchii se procesy rozdělují na procesní oblasti, skupiny procesů, jednotlivé procesy, subprocessy a činnosti. Úspěšné fungování podniku závisí na jejich propojení, měřitelnosti, zákaznické orientaci a schopnosti reagovat na změny. (Jurová, 2016)

2.3 Výrobní proces

Jurová (2016) na výrobní proces nahlíží jako na ekonomickou funkci jejímž cílem je vytvářet přidanou hodnotu pro zákazníka.

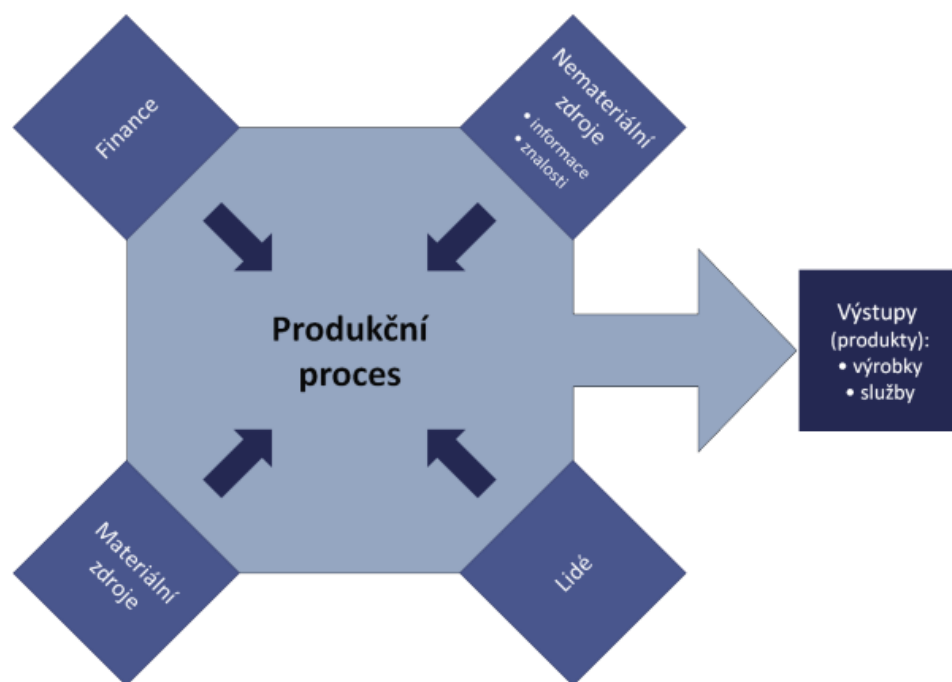


Obrázek 4 Procesy dodání produktu vyrobeného na základě poptávky

(zdroj: Jurová 2016)

Transformací vstupů na výstupy podnik reaguje na požadavky trhu. Důraz je kladen nejen na samotnou výrobu, ale i na související služby, které se stávají nedílnou součástí přípravy výroby a zajištění její konkurenceschopnosti. Klíčovým prvkem je rychlost uvedení výrobku na trh (*time to market*), která zásadně ovlivňuje spokojenost zákazníků. Na základě praktických konzultací je doporučeno aplikovat strukturované a inovativní přístupy v řízení výrobního procesu. (Jurová, 2016)

Další úhel pohledu na výrobní proces je podřazenost pod produkční proces, kdy produkční proces lze chápat jako zastřešující pojem, který se v různých odvětvích používá s odlišnými významy. Může označovat výrobní proces, chemický postup, průběh poskytování služeb či jiné formy transformačních činností. (ManagementMania, © 2011-2016)



Obrázek 5 Schéma produkčního procesu

(zdroj: (ManagementMania, © 2011-2016)

Delgado Sobrino (2016) popisuje, že design výrobního systému zahrnuje čtyři hlavní podproblémy: potřebu zdrojů, rozvržení zdrojů, tok materiálu a zásobovací kapacitu. Výběr konkrétního řešení výrazně ovlivňuje kvalitu, náklady a flexibilitu celého systému a je nutné jej pečlivě přizpůsobit typu výrobku a požadavkům trhu.

Výrobu rozlišujeme dle několika hledisek např. na přerušovanou (flexibilní, menší série) a plynulou (stabilní, typická pro hromadnou produkci). V praxi se často kombinují různé typy podle potřeb podniku. Výrobní management propojuje strategické cíle s provozem a sleduje

kvalitu, čas, náklady a flexibilitu. Řeší nejen technické poruchy, ale i vnější změny jako nové technologie či požadavky trhu. Další dělení výroby:

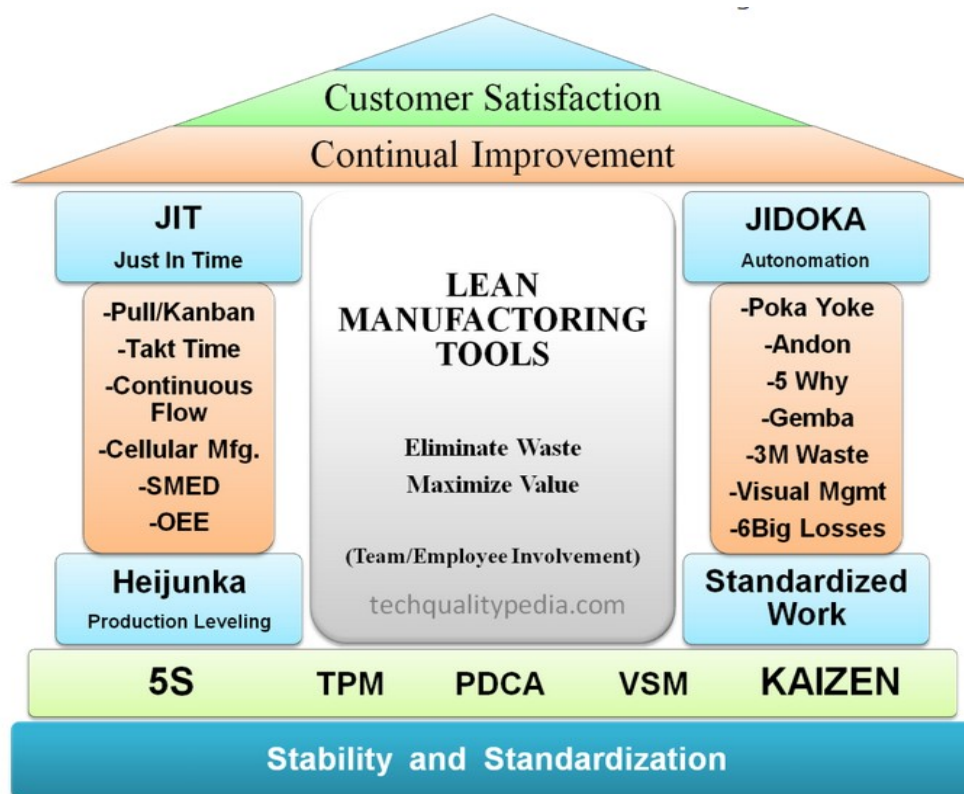
- Kusová – nízký objem, vysoká variabilita
- Sériová – opakovatelné dávky, střední variabilita
- Hromadná – vysoký objem, nízká variabilita, nízké jednotkové náklady

Výběr výrobního systému závisí na objemu, variabilitě a nákladech. Jeho sladění s cíli podniku je klíčem k udržitelnosti a úspěchu. Keřkovský a Valsa (2012)

2.4 Štíhlá výroba

Štíhlá výroba (Lean Production), často spojovaná s Toyota Production System (TPS), představuje soubor principů a metodik zaměřených na odstraňování plýtvání (muda), zkracování průběžných časů a zvyšování hodnoty pro zákazníka. Lean znamená „dělat více s méně“ – méně času, méně prostoru, méně úsilí, méně strojů, méně materiálu, přičemž cílem je splňovat potřeby zákazníka. Filozofie štíhlé výroby je postavena na porozumění systémovému myšlení, týmové spolupráci, vizuálnímu řízení a nepřetržitém zlepšování. Klíčovým nástrojem této filozofie je House of Lean – model, který strukturuje základní stavební kameny celého systému. (Dennis, 2016)

Brau (2016) dále rozvíjí myšlenku, že klíčem k úspěchu je pochopení, že štíhlá výroba není pouze o nástrojích, jako je Kanban, 5S nebo TPM, ale o způsobu myšlení, který je hluboce zakořeněný v každodenních činnostech zaměstnanců. Uvádí, že právě propojení teorie a praktického know-how bez vytváření konfliktů ve výrobním závodě je tajemstvím úspěšné implementace Lean filozofie.



Obrázek 6 Nástroje štíhlé výroby

(zdroj: Techqualitypedia)

2.4.1 Stručná historie štíhlé výroby

Kořeny štíhlé výroby sahají do poválečného Japonska, kde Toyota čelila nutnosti vyrábět efektivně s omezenými zdroji. Taiichi Ohno a Shigeo Shingo zde postupně vyvinuli systém známý jako Toyota Production System (TPS). Místo hromadné výroby s velkými zásobami se zaměřili na:

- ✓ eliminaci plýtvání (muda)
- ✓ výrobu podle potřeby (Just-in-Time)
- ✓ automatizaci s lidským dohledem (Jidoka) (Dennis, 2016)

Brau (2016) upozorňuje, že tradiční lean už nestačí a výroba dnes vyžaduje rychlost, flexibilitu a digitalizaci. Zde přichází Lean Manufacturing 4.0., jelikož nastává problém, kdy ERP systémy často selhávají ve výrobě, protože nejsou vhodné pro reálné podmínky továren, kde se pracuje ve stoje a operace musí být rychlé. Řešením je Lean 4.0, který spojuje tradiční principy s moderními technologiemi, jako jsou dotykové terminály, digitální asistenti (např.

iLEAN) a bezpapírové propojení s ERP systémy. Cílem je rychlé rozhodování, méně chyb, snazší adaptace nových pracovníků a efektivnější provoz.

2.4.2 Nové přístupy k flexibilní a inteligentní výrobě

S narůstající komplexitou trhu vznikly nové přístupy jako flexibilní výroba FMS (Flexible manufacturing system) a inteligentní výroba IMS (Intelligent Manufacturing systém).

- FMS umožňuje rychlou reakci na změny poptávky a produkci menších sérií různých produktů díky vyšší úrovni přizpůsobitelnosti
- IMS představuje další krok, kde se kromě flexibility klade důraz na autonomii, překonfigurovatelnost, učení a autodiagnostiku. Systémy jsou schopny samosprávy a samoregulace, což je umožněno pokročilým softwarem, umělou inteligencí a decentralizací rozhodovacích procesů

IMS nabízí vyšší úroveň autonomie, rychlejší změny nástrojů a téměř žádné zásoby. (Delgado Sobrino, 2016)

2.5 Základní pilíře a nástroje štíhlé výroby

Dennis (2016) klade důraz na kulturu, každodenní zlepšování a zapojení lidí.

- ✓ Stabilita procesů jako výchozí bod pro zlepšování – standardizace, takt a rytmus práce
- ✓ Vizualizace – každé pracoviště musí „mluvit“, tzn. jasně ukazovat stav, plán, výstup i odchylky
- ✓ Standardizace práce – vytvoření opakovatelného a vylepšitelného základu každé činnosti
- ✓ Řízení problémů a zlepšování – skrze Kaizen a hlubší analýzu pomocí „5 proč“
- ✓ Just-in-Time (JIT) – tahový princip, kdy se vyrábí jen to, co zákazník chce, v požadovaném čase
- ✓ Jidoka – autonomní řízení kvality, schopnost okamžitě reagovat na chyby (včetně zastavení linky)

Na moderní pojetí ve smyslu Lean 4.0 rozšiřuje svůj pohled Brau (2016) s využitím digitalizace a technologií jako:

- VSM – Value Stream Mapping jako analytický základ, kde se identifikují „čisté“ i „plýtvající“ kroky
- Kanban – řízení toku výroby pomocí jednoduchého systému signálů, který lze digitalizovat
- 5S – udržování pořádku a standardů na pracovišti jako základní kázeň
- TPM (Total Productive Maintenance) – proaktivní údržba zařízení s cílem nulových poruch
- SMED (Single Minute Exchange of Die) – rychlé přestavby pro zkrácení neproduktivních časů
- Kaizen – jako formalizovaný systém malých každodenních zlepšení od pracovníků
- Lean metrika a OEE (Overall Equipment Effectiveness) – měření výkonnosti strojů, zaměřené na dostupnost, výkon a kvalitu

Tyto přístupy se v mnohém prolínají a navazují na sebe

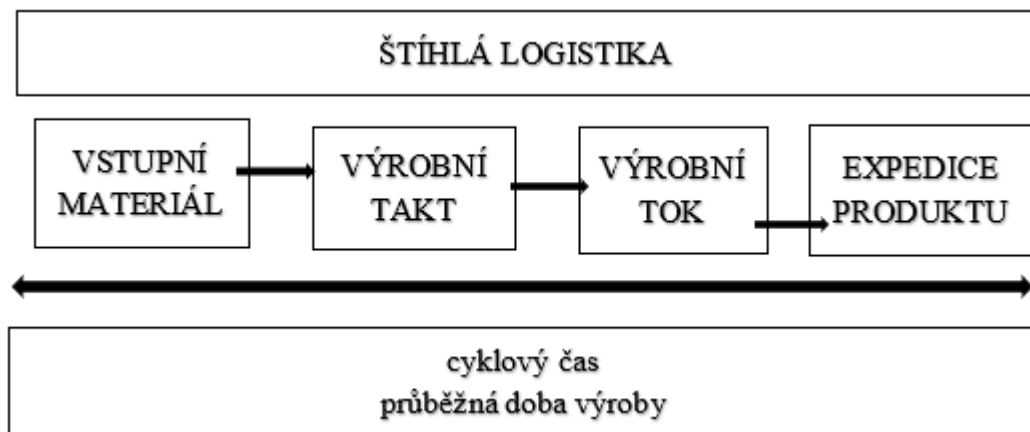
2.6 Parametry pro posouzení štíhlé výroby a logistiky

Pro efektivní hodnocení úrovně štíhlé výroby ve firmě je nutné sledovat a měřit řadu klíčových parametrů. Tyto ukazatele pomáhají identifikovat silné i slabé stránky výrobního systému a ukazují, kde je prostor pro zlepšení. Ukazatele lze rozdělit do několika hlavních oblastí:

- Výrobní náklady (Objem výroby/osobohodiny, výrobní náklady/kus atd)
- Průběžná doba výroby (Cyklový čas, čas taktu, přidaná hodnota)
- Úroveň řízení zásob (Doba obratu zásob, materiálové náklady zásob)
- Maximalizace výnosů
- Rozvrhování výroby
- Zaměstnanci, Návratnost kapitálu, Tahová/tlaková výroba
- Spokojenost zákazníka (Objem výroby, objem dodávek na čas, kvalita)

Měření těchto parametrů poskytuje komplexní pohled na výkonnost výrobního systému. Každé zlepšení ve sledovaných oblastech přispívá ke snižování plýtvání, zvyšování efektivity a dosažení vyšší konkurenceschopnosti firmy. (Chromjaková, 2013 a 2017)

Štíhlá logistika znamená sladění logistických toků s výrobním taktem a požadavky zákazníka. Cílem je minimalizovat zásoby a zkrátit dobu průtoku materiálu celým výrobním procesem. Klíčová je přesná dodávka správného množství ve správný čas, stabilní dodavatelský řetězec a snížení ztrát v mezech. (Chromjaková 2013)



Obrázek 7 Koncept štíhlé logistiky

(zdroj: Chromjaková, 2013)

2.7 Plýtvání a jeho eliminace

Jedním z klíčových principů štíhlé výroby je systematické rozpoznání a odstranění plýtvání ve všech částech výrobního procesu. Plýtvání je definováno jako jakákoliv činnost, která nepřidává hodnotu pro zákazníka. Druhy plýtvání:

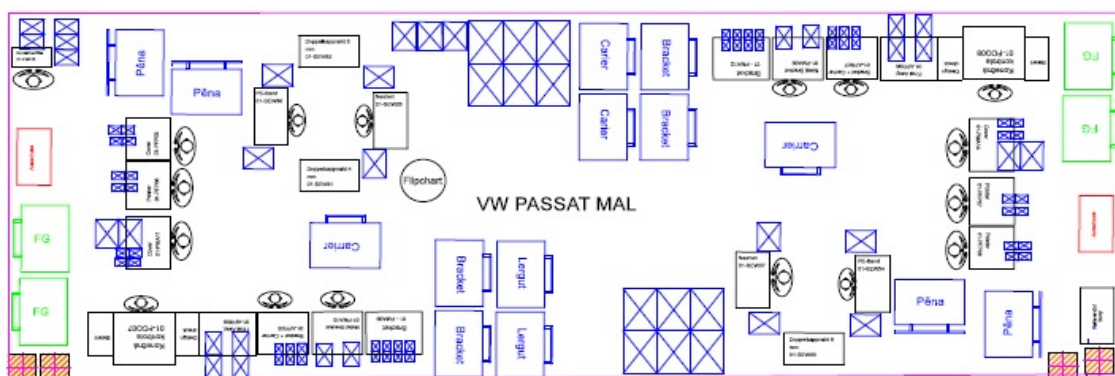
- ❖ Nadprodukce – výroba více, než je aktuálně potřeba
- ❖ Zbytečné zásoby – včetně nedokončené výroby, nadbytečných surovin či výrobků
- ❖ Zbytečné pohyby – pohyby pracovníků, které nejsou nutné k provedení práce
- ❖ Čekání – ztráta času kvůli zpoždění, poruchám, chybějícím informacím nebo rozhodnutí
- ❖ Přeprava – přemísťování materiálů bez přidané hodnoty
- ❖ Zbytečné procesy – nadbytečné kroky, které nezvyšují hodnotu produktu
- ❖ Vady a opravy – nutnost přepracování, šrot, reklamace

Nejnebezpečnější formou plýtvání je nadprodukce, protože vytváří další navazující druhy plýtvání jako nadměrné zásoby, přepravu, čekání, a skrývá skutečnou výkonnost systému. (Dennis, 2016)

Nástroji a pilíři štíhlé výroby lze do značné míry plýtvání eliminovat, obzvláště když se propojí s technologiemi Průmyslu 4.0 v podobě např. automatizovaného sběru dat, který identifikuje a kvantifikuje skryté formy plýtvání. (Brau, 2016)

2.8 Optimalizace pracoviště

Optimalizace pracoviště znamená zefektivnění výrobního prostředí s cílem odstranit plýtvání a zlepšit pracovní podmínky. Klíčové je zkrácení výrobního času, snížení nákladů, zavedení ergonomických prvků a zvýšení kvality i autonomie pracovníků. Tento přístup se uplatňuje při návrhu nových pracovišť, při změnách layoutu, ve snaze snížit fyzickou zátěž pracovníků nebo zlepšit výstupní kvalitu. Zaměřuje se na účel zlepšení, vhodnost konstrukce výrobku, přesnost specifikací, efektivní využití materiálu, úpravu výrobních postupů, volbu nářadí, manipulaci s materiálem i ergonomii práce. Celkově jde o komplexní pohled, jak dosáhnout vyšší produktivity a lepších pracovních podmínek prostřednictvím promyšleného uspořádání a řízení pracoviště. (Akademie produktivity a inovací, © 2005-2025)



Obrázek 8 Příklad Layoutu pracoviště

(zdroj: Akademie produktivity a inovací, © 2005-2025)

Návrh layoutu pracoviště je zásadní pro efektivní a bezpečný provoz. Kvalitní uspořádání zvyšuje plynulost výroby, snižuje riziko úrazů a zlepšuje ergonomii. Moderní přístupem je systematické plánování rozvržení zohledňující vztahy mezi pracovními zónami, intenzitu toků i bezpečnostní požadavky. Důležitá je analýza pohybu pracovníků a materiálu, která pomáhá předcházet kolizím a zbytečné manipulaci. Integrace bezpečnostních aspektů do návrhu layoutu přispívá ke zkrácení přepravních tras a zlepšení pracovních podmínek. (Feno a Savescu, 2024)

2.9 Kvalita výroby

Zřejmá je zásadní souvislost mezi systémovým řízením kvality a celkovou výkonností výrobního podniku. Kvalita není vnímána jako izolovaná složka výrobního procesu, ale jako integrovaná součást podnikové strategie a např. business excellence pyramida ukazuje propojení jednotlivých úrovní řízení, strategické, taktické, operativní a systémové, s konkrétními nástroji a metodami, jako je Lean, Six Sigma či různé modely řízení výkonnosti. Efektivní řízení kvality vyžaduje nejen technické nástroje, ale i propojení s podnikovými cíli, firemní kulturou a systematickým rozvojem lidského kapitálu. Důležitou roli v systému řízení kvality hrají mezinárodní standardy ISO, především norma ISO 9001, která definuje požadavky na systém řízení kvality v organizaci. V rámci modelu řízení kvality dle ISO 9001:2008 je kladen důraz na provázanost všech organizačních procesů, od řízení zdrojů a odpovědnosti managementu přes samotnou realizaci produktu až po měření a analýzu spokojenosti zákazníků. Výše uvedené má zajistit neustálé zlepšování výkonnosti a stabilní úroveň kvality produktů. (Patel, 2016)

2.10 Outsourcing

Outsourcing je strategický proces, při kterém organizace zadává určité činnosti externím subjektům mimo vlastní organizační strukturu. Tyto činnosti, které byly dříve zpravidla realizovány interními zaměstnanci zahrnují výrobu, zákaznickou podporu či administrativní služby. Hlavním cílem outsourcingu je snížení nákladů, optimalizace řízení a zaměření se na klíčové kompetence firmy. Externí poskytovatelé často mají jiný systém odměňování, čímž dochází ke snížení mzdových a provozních nákladů pro zadavatele. (Investopedia)

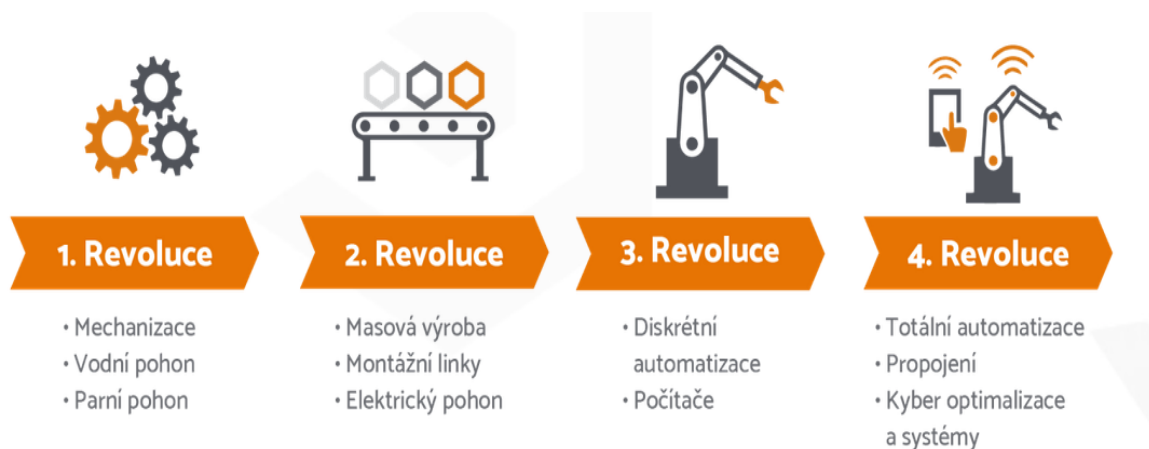
Pang et al., (2021) tento základní text rozšiřuje o myšlenky motivace firem k využívání outsourcingu přesahuje rámec prostého snižování nákladů. Outsourcing má za cíl zvýšit kvalitu a flexibilitu poskytovaných služeb, získat přístup k odborným znalostem dodavatele nebo lépe reagovat na globální trhy. Outsourcing však s sebou nese i určitá rizika, mezi něž patří ztráta kontroly nad procesy, informační asymetrie, riziko úniku dat či snížení inovačních schopností. Rizika lze klasifikovat do čtyř hlavních kategorií: strategická, provozní, rizika vyplývající z postupné ztráty kompetencí a rizika plynoucí z geografické vzdálenosti. K efektivnímu řízení těchto rizik se může použít metoda FMEA, která umožňuje identifikaci a prioritizaci potenciálních selhání v outsourcingových procesech. V důsledku komplexní povahy outsourcingu je klíčové každé rozhodnutí podložit důkladnou analýzou přínosů a potenciálních dopadů.

3 PRŮMYSL 4.0

Průmysl 4.0 představuje moderní koncepci výroby zaměřenou na digitalizaci a automatizaci výrobních procesů prostřednictvím propojení mechanických a elektronických zařízení s informačními a komunikačními technologiemi. Cílem je vytvoření flexibilních, efektivně řízených a decentralizovaných výrobních systémů, které dokážou rychle reagovat na požadavky zákazníků a zvyšovat přidanou hodnotu produkce. Klíčovou roli hraje integrace technologií, autonomních výrobních celků a využití kyberfyzikálních systémů. (Chromjaková et al., 2017)

3.1 Vývoj průmyslových revolucí

První průmyslová revoluce (cca 1760–1830) přinesla přechod od ruční výroby k mechanizaci. Klíčovou roli sehrály parní stroj, vodní energie a nové materiály jako železo a ocel. Tato revoluce vedla k růstu měst, změnám ve struktuře zaměstnání a urbanizaci. Druhá průmyslová revoluce (cca 1870–1914) byla charakteristická rozvojem masové výroby, využitím elektřiny, vznikem montážních linek, chemického průmyslu a automobilového průmyslu. Třetí průmyslová revoluce (druhá polovina 20. století) je označována jako digitální revoluce. Je spojena s využitím elektroniky, mikroprocesorů, internetu, robotiky a digitalizace výroby. Vedla k automatizaci a zásadním změnám ve způsobu práce a řízení. Čtvrtá průmyslová revoluce (současnost) je charakterizována propojením fyzických, digitálních a biologických systémů. Klíčové jsou kyberfyzikální systémy, umělá inteligence, IoT, big data, cloud computing a 5G. Zásadní je vysoká míra konektivity, digitalizace a změna v organizaci výroby i zaměstnávání lidí. (Cagánová et al., 2020)

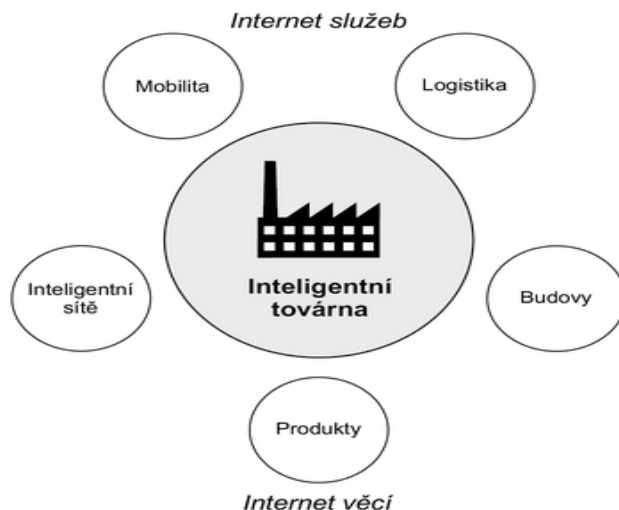


Obrázek 9 Vývoj průmyslových revolucí

(zdroj: Lean Industry, © 2024)

3.2 Hlavní prvky Průmyslu 4.0

Jurová (2016) popisuje na obrázku 10 základní prvky Průmyslu 4.0 následovně:



Obrázek 10 Prvky Průmyslu 4.0

(zdroj: Jurová, 2016)

V podání Cagáňové et al. (2020) se jedná o:

- Autonomní roboty (pracují samostatně a spolupracují s lidmi i dalšími stroji)
- Simulace (modelování reálných výrobních procesů)
- Horizontální a vertikální systémové integrace (propojení všech částí výroby od jednotlivých zařízení až po celopodnikové procesy)
- Průmyslový internet věcí (propojuje stroje, zařízení a senzory pro sběr a analýzu dat v reálném čase)-Industrial internet of things
- Kyberbezpečnost (ochrana citlivých dat a systémů před kybernetickými hrozbami)
- Cloudové technologie (ukládání a sdílení dat mezi zařízeními a uživateli v reálném čase)
- Aditivní výrobu (přináší flexibilitu v designu a výrobě, např. 3D tisk)
- Rozšířenou realitu (zvyšuje efektivitu například při školení nebo údržbě zařízení)
- Big data a analytiku (zajišťují zpracování rozsáhlých objemů dat a poskytují podklady pro lepší rozhodování)

Tyto technologie dohromady umožňují vznik inteligentních, propojených a vysoce adaptabilních výrobních systémů, které zvyšují produktivitu, snižují náklady a přinášejí vyšší přidanou hodnotu pro zákazníka.

3.3 Průmysl 5.0

Průmysl 5.0 představuje další etapu vývoje průmyslu, která staví na principech Průmyslu 4.0, ale posouvá důraz zpět směrem k člověku. Zatímco Průmysl 4.0 se soustředil na digitalizaci, automatizaci a propojení strojů pomocí internetu věcí (IoT) a umělé inteligence, Průmysl 5.0 zdůrazňuje spolupráci mezi lidmi a roboty s cílem zvyšovat kreativitu, přizpůsobivost a individualizaci. Tato fáze vývoje průmyslu klade důraz na lidství, udržitelnost a hodnoty, čímž mění dřívější směřování zaměřené na efektivitu a výkon. Klíčovým aspektem je rozšíření lidské práce prostřednictvím kooperace se stroji, které již neslouží jen jako náhrada lidské činnosti, ale umožňuje pracovníkům víc se věnovat kreativním činnostem a inovacím. Technologie jako 5G provádí téměř okamžitou komunikaci mezi systémy, čímž podporují inteligentní a flexibilní výrobní prostředí. Firmy, které tyto technologie adaptují, budou schopny rychle reagovat na měnící se požadavky trhu a nabídnout zákaznický orientovaná řešení. Významnou roli hraje také prediktivní údržba (PdM 4.0), která pomocí senzorů a datové analýzy předchází poruchám, a koncepty kyberfyzických systémů kombinující fyzické stroje s digitálním řízením. (Subbiah 2022)

Dle Xu et al. (2021) jsou klíčové technologie Průmyslu 5.0:

- I. Individuální interakce člověka a stroje-propojení silných stránek lidí a strojů pomocí inteligentních rozhraní
- II. Bio-inspirované technologie a chytré materiály-materiály s vestavěnými senzory a vylepšenými vlastnostmi, které jsou zároveň recyklovatelné
- III. Digitální dvojčata a simulace-využití modelování celých systémů pro lepší pochopení a řízení
- IV. Přenos, ukládání a analýza dat-technologie schopné zpracovávat velké objemy dat a podporovat interoperabilitu mezi systémy
- V. Umělá inteligence-nástroj k rozpoznávání kauzalit v dynamických a komplexních systémech, který přináší akceschopné poznatky
- VI. Technologie pro energetickou účinnost a soběstačnost-zahrnuje obnovitelné zdroje, ukládání energie a autonomní systémy

4 UMĚLÁ INTELIGENCE A STROJOVÉ UČENÍ VE VÝROBĚ

V současnosti je umělá inteligence (Artificial Intelligence, AI) chápána jako vědní a inženýrský obor, který se zaměřuje na vytváření inteligentních systémů a programů schopných samostatného rozhodování, učení, rozpoznávání obrazu či jazyka. Definice AI se různí, ale obecně tyto definice zahrnují schopnost zařízení napodobovat lidskou inteligenci, jde o schopnost systémů vykonávat úkoly, které obvykle vyžadují lidskou inteligenci, jako je rozhodování, porozumění jazyku nebo vizuální vnímání. (Saad et al., 2025)

V posledních letech zažívá AI výrazný rozvoj a stává se integrální součástí průmyslové výroby. Zatímco dříve bylo programování strojů založeno na přesně definovaných pravidlech a algoritmech, moderní přístup spoléhá na schopnost strojů učit se z dat a zlepšovat své rozhodování na základě zkušeností. Klíčovou změnou je skutečnost, že stroj není pouze nástrojem řízeným zvenčí, ale aktivním systémem, který na základě pozorování, zpětné vazby a optimalizace sebe sama, hledá nejlepší způsob, jak plnit zadaný úkol. Tento posun umožňuje využít umělou inteligenci v oblastech, kde dosud dominovala lidská intuice např. při kontrole kvality, rozpoznávání vad nebo adaptivním řízení procesů. (Ananthaswamy, 2024)

4.1 Historie umělé inteligence

Kořeny konceptu umělé inteligence sahají hluboko do historie, kdy už ve starověkém Řecku se objevují mýty o mechanických lidech, například v příbězích o Daidalovi. Skutečné základy moderní AI však vznikají až v 19. století, kdy Charles Babbage v roce 1884 navrhuje mechanické zařízení vykazující známky inteligentního chování. Zásadním mezníkem je rok 1950, kdy Alan Turing navrhuje tzv. Turingův test – metodu, jak zkoumat schopnost stroje vykazovat lidské chování pomocí dialogu. V 50. a 60. letech minulého století probíhají první experimenty s vývojem algoritmů, které by měly napodobovat inteligentní činnost např. hra šachů či řešení logických úloh. Vývoj byl však zpočátku pomalý kvůli omezením výpočetní techniky. Zlom přichází až koncem 20. století, kdy se rozvíjí strojové učení (machine learning), schopnost systémů zlepšovat se na základě dat a zkušeností. (Saad et al., 2025)

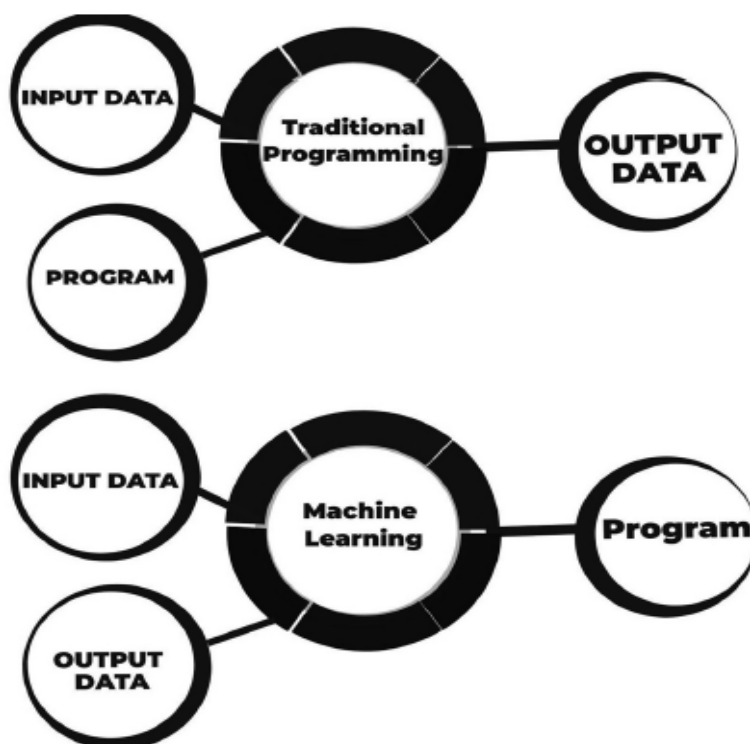
4.2 Historie strojového učení

Strojové učení (Machine Learning, ML) vzniklo jako přirozený vývoj v rámci výzkumu umělé inteligence. V 50. a 60. letech dominoval tzv. „věk uvažování“, kdy se věřilo, že schopnost logického odvozování povede ke strojové inteligenci. První významné pokroky

přinesl např. program Logic Theorist (1952), který dokázal samostatně dokazovat matematické věty. S rostoucím počtem dat a obtížemi při ručním získávání znalostí vznikla potřeba, aby se systémy učily samy. První pokusy o strojové učení proběhly už v 50. letech např. checkers program od Arthura Samuela. Vznikaly i první neurální sítě, jako Perceptron nebo Adaline. Od 80. let se ML osamostatnilo jako vědecká disciplína a vznikly základní taxonomie metod: učení z instrukcí, analogií, nebo příkladů. Nejrozšířenější se stalo učení z příkladů a postupně se prosadilo i statistické učení. Od 90. let zažilo posun neuronové učení, zejména s nástupem hlubokého učení (deep learning), jehož rozmach umožnila dostupnost velkých dat a výpočetního výkonu. Díky tomu dnes ML dominuje mnoha oblastem, od počítačového vidění a zpracování přirozeného jazyka až po autonomní vozidla, medicínu, průmysl, a vědecký výzkum. Strojové učení se tak stalo nejen klíčovou technologií v éře Průmyslu 4.0, ale i nástrojem pochopení, jak se učí samotní lidé. (Zhou, 2021)

4.3 Strojové učení

Podstatou digitalizace je i schopnost systémů učit se a přizpůsobovat, právě zde přichází ke slovu strojové učení (Machine Learning). To umožňuje analýzu dat v reálném čase, reakci na poruchové stavy a samostatné rozhodování strojů na základě historických dat.



Obrázek 11 Strojové učení vs. Tradiční programování

(zdroj: Saad et al., 2025)

V rámci Průmyslu 4.0 lze tyto modely aplikovat na výrobu, údržbu i plánování výroby. Klíčovou součástí tohoto přístupu je hlubší strojové učení, které přináší možnost, aby systémy samostatně analyzovaly chování zařízení, rozpoznávaly vzory a předvíдалy poruchy- tzv. Predictive Maintenance 4.0 (PdM 4.0) umožňuje optimalizaci údržby pomocí sběru dat z chytrých senzorů a využití algoritmů strojového učení, čímž se snižují prostoje a zvyšuje spolehlivost zařízení. (Subbiah, 2022)

4.3.1 Automatizované optické systémy

V oblasti automatizované optické kontroly kvality se v posledních letech významně uplatňují metody strojového vidění v kombinaci s technikami fotometrického stereo. Tento přístup umožňuje rekonstrukci 2.5D modelu povrchu sledovaného objektu na základě vícesměrového osvětlení, čímž je možné zvýraznit i jemné defekty, které by byly obtížně zjištělné klasickými metodami zpracování obrazu. Vytvořením referenčního hladkého modelu bez vad a jeho následným porovnáním s reálnými daty lze efektivně identifikovat odchylky, jako jsou škrábance, otlaky nebo nerovnosti. Tato metoda se osvědčila například při kontrole elastomerových součástí a její principy jsou dobře přenositelné i do dalších oblastí, kde je důležitá přesná vizuální inspekce povrchové kvality. Získaná data lze dále využít k rozměrové analýze, což umožňuje nejen detekci vad, ale i přesné geometrické měření. Výhodou těchto metod je vysoká přesnost, rychlost zpracování a možnost integrace s algoritmy strojového učení, což otevírá prostor pro další zefektivnění automatické kontroly v průmyslové praxi. (Yang et al., 2021)

Další studie ukazuje, že strojové učení představuje efektivní nástroj pro automatizaci vizuální analýzy ve vysoce opakujících se a časově náročných úlohách, jako je detekce vrstev materiálů. Strojové učení se tak jeví jako klíčová technologie pro zefektivnění výrobních a inspekčních procesů v materiálových a technologických aplikacích. (Cho et al., 2022)

4.3.2 Neuronové sítě

Neuronové sítě představují významný nástroj v oblasti strojového učení. Jsou inspirovány činností biologických neuronů a skládají se z propojených jednotek neuronů, které zpracovávají vstupní data pomocí vážených spojení a nelineárních aktivačních funkcí. Nejjednodušší model tzv. perceptron dokáže řešit pouze lineárně oddělitelné úlohy, proto byly později vyvinuty vícevrstvé sítě (např. s jednou nebo více skrytými vrstvami), které umožňují učení složitějších nelineárních vztahů.

Zásadní přelom přinesl algoritmus zpětného šíření chyby (backpropagation), který pomocí gradientního sestupu optimalizuje váhy sítě tak, aby minimalizoval chybu mezi skutečným a očekávaným výstupem. Moderní hluboké neuronové sítě (deep learning) obsahují více skrytých vrstev a využívají pokročilé metody, jako je normalizace, regulace nebo předtrénování, pro zajištění stability a přesnosti učení. Neuronové sítě se uplatňují v rozpoznávání obrazu, přirozeném jazyce, predikcích nebo automatické detekci chyb. Díky rostoucímu výpočetnímu výkonu a dostupnosti velkých dat dnes představují klíčovou technologii v mnoha oblastech průmyslu a výzkumu. (Zhou, 2021)

5 PROJEKTOVÉ ŘÍZENÍ

Projektové řízení je soubor metod a principů, které slouží k efektivnímu plánování, organizaci a řízení projektů s cílem dosáhnout stanovených cílů v daném čase, rozpočtu a kvalitě. Vychází z mezinárodně uznávaných standardů, jako jsou PMI, PRINCE2 nebo IPMA, a opírá se o řízení šesti klíčových aspektů výkonnosti: času, nákladů, kvality, rozsahu, rizika a přínosů. Tyto aspekty jsou vzájemně provázané a změna jednoho obvykle ovlivňuje i ostatní. Projektové řízení umožňuje řídit projekty systematicky a transparentně v průběhu celého jejich životního cyklu. (Jurová, 2016)

5.1 Projektový tým

Projektový tým představuje skupinu odborníků, kteří společně pracují na dosažení předem stanovených cílů projektu. Členové týmu disponují různorodými dovednostmi a znalostmi, které se vzájemně doplňují, a vytvářejí tak synergický celek schopný efektivního řešení komplexních úkolů. Fungující tým se vyznačuje spoluprací, důvěrou, odpovědností a aktivní komunikací. Prochází vývojovými fázemi, které jsou formování, zpochybňování, normování a výkon, přičemž v každé fázi hraje klíčovou roli vedoucí týmu. K efektivnímu řízení a fungování týmu se využívají různé metody týmové práce, které podporují tvořivost a spolupráci. Mezi nejčastější patří brainstorming („burza nápadů“), brainwriting (písemná forma brainstormingu), myšlenková mapa (grafické znázornění myšlenek) a metoda moderace (řízená diskuse zaměřená na řešení problému). Tyto techniky napomáhají zapojení všech členů, podporují sdílení názorů a přispívají k vytváření inovativních řešení. Dobře fungující projektový tým je tedy základem úspěšné realizace projektu. (Máchal et al., 2015)

5.2 Plánování a řízení rizik projektů

Riziko ve vztahu k projektům představuje možnost, že budoucí události negativně ovlivní dosažení plánovaných cílů projektu. V projektovém řízení je riziko vnímáno jako kombinace pravděpodobnosti vzniku určité události a jejího dopadu na výsledek. Je úzce spojeno s nejistotou a může mít jak negativní, tak výjimečně i pozitivní vliv. Klíčovým předpokladem úspěšného zvládnutí projektového rizika je jeho včasná identifikace, posouzení významnosti a zavedení vhodných opatření ke snížení nebo eliminaci dopadů. Kvalitní příprava projektu, včetně analýzy rizik, tak zásadně přispívá k jeho úspěšné realizaci. Plánování a řízení rizik jsou klíčovými nástroji průmyslového inženýrství. Plánování bývá často podceňováno z důvodu časového tlaku, měnících se priorit nebo nízké motivace, přesto přináší zásadní

benefity: včas identifikuje rizika, umožňuje jejich prevenci, snižuje plýtvání a pomáhá dosahovat stanovených cílů. (Hnilica a Fotr, 2014)



Obrázek 12 Faktory ovlivňující výsledky projektu

(zdroj: Hnilica a Fotr, 2014)

Maynard, Binanda (2023) kladou zvláštní důraz na tzv. ochranu plánu („plan protection“) – proces, který zahrnuje výběr kritických úkolů, předvídání problémů, vyhodnocení jejich dopadu, nastavení preventivních a náhradních opatření a zavedení kontrolních bodů. Součástí metodiky je také analýza obav („concerns analysis“) – nástroj pro identifikaci a řešení překážek v týmu, ať už se týkají nejasných cílů, nedostatku shody v týmu nebo organizačních bariér. Pomáhá vedení prioritizovat a efektivně řešit problémy včas. Toto má využití v návrhu optimalizačních kroků např. při plánování výroby nebo zavádění nových technologií. Strukturovaný přístup k plánování a řešení rizik pomáhá předejít selhání a podpořit zvyšování výkonu procesu.

5.3 Metodika SMART, RASCI, RIPRAN, SWOT

V následující části jsou popsány specifické metody, které slouží jako nástroje pro systematické plánování, řízení a vyhodnocování projektových činností.

5.3.1 Metody SMART a RASCI

Metoda SMART je nástroj pro efektivní řízení cílů v projektovém i procesním managementu. Vychází z dohody mezi manažery a zaměstnanci o tom, co má být dosaženo, v jakém čase, s jakými zdroji a odpovědnostmi. Cíle mají být:

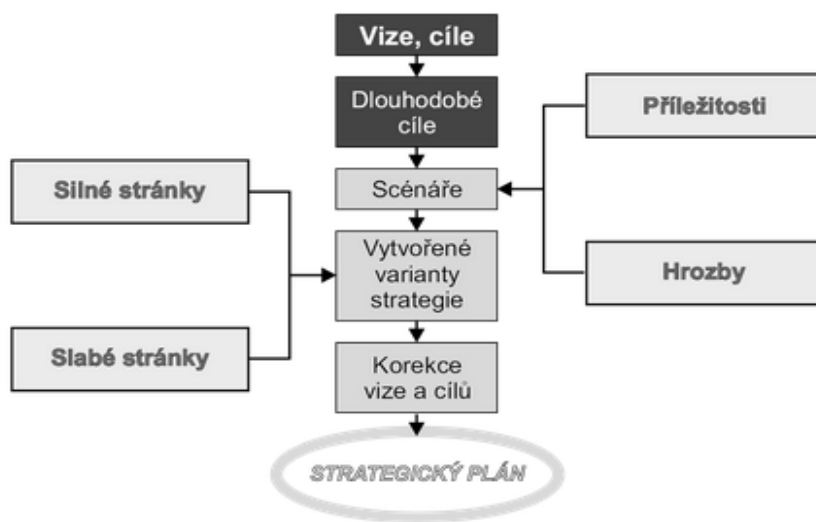
- ✓ S (Specific) – konkrétní a jednoznačně definované
- ✓ M (Measurable) – měřitelné
- ✓ A (Agreed) – dohodnuté a přijatelné pro všechny zúčastněné

- ✓ R (Realistic) – reálně dosažitelné
- ✓ T (Trackable) – sledovatelné a kontrolovatelné během realizace

Metoda podporuje aktivní zapojení pracovníků do stanovování cílů, čímž zvyšuje jejich motivaci a odpovědnost za výsledek. Metoda RASCI pak slouží k přehlednému stanovení rolí a odpovědností v týmu. Každému úkolu se přiřadí, kdo jej vykoná (Responsible), kdo je za něj celkově odpovědný (Accountable), kdo poskytuje podporu (Support), kdo radí (Consulted) a kdo je informován (Informed). Tento přístup pomáhá vyjasnit odpovědnosti a zamezit zmatkům při realizaci projektů. (Máchal et al., 2015)

5.3.2 SWOT analýza

SWOT analýza je nástroj strategického řízení, který pomáhá firmám identifikovat silné a slabé stránky (interní faktory), a příležitosti a hrozby (externí faktory). Cílem je formulovat strategický záměr, který zohlední vnitřní schopnosti organizace a zároveň reaguje na vnější podmínky. Výstupy SWOT analýzy se začleňují do tvorby scénářů, strategií a následné korekce cílů. V rámci externí analýzy se zkoumají například demografické, sociální či kulturní faktory, které ovlivňují trh a mohou hrát klíčovou roli při rozhodování o budoucím směřování firmy. (Fotr et al., 2020)

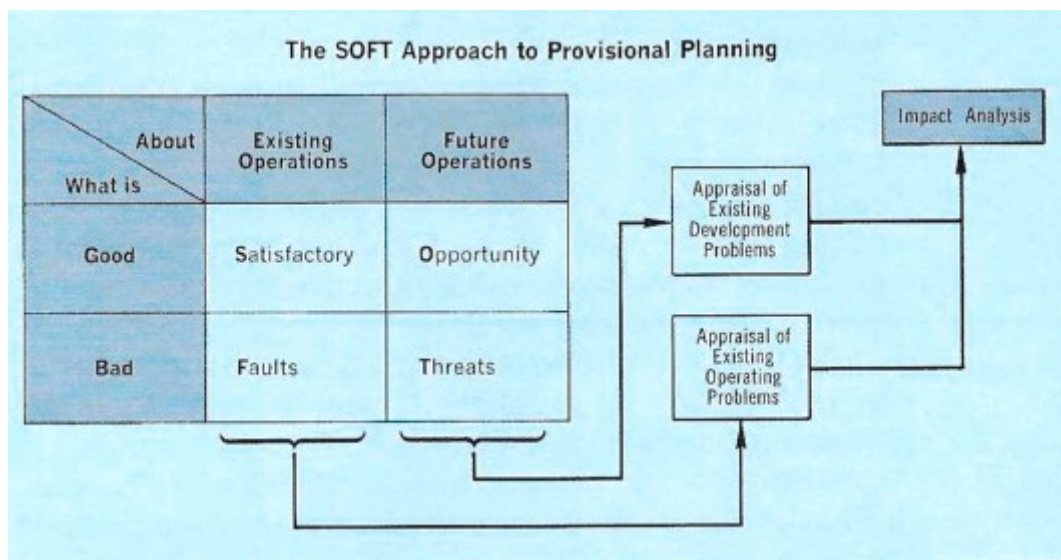


Obrázek 13 SWOT analýza ve formulaci strategického záměru

(zdroj: Fotr et al., 2020)

Původní verze dnes známé SWOT analýzy vznikla jako SOFT přístup (Satisfactory, Opportunity, Fault, Threat), praktický nástroj, který pomáhá překlenout každodenní provoz a dlouhodobé strategické cíle. Jeho cílem bylo zapojit všechny manažery firmy do

dlouhodobého plánování tím, že každý z nich zaznamená 8–10 konkrétních plánovacích otázek, které souvisí s jejich oddělením. Navrhuje se tedy návrat k původnímu duchu SOFT, tím více zapojit lidi, řešit konkrétní problémy a využít kolektivní znalosti pro tvorbu strategie. (Puyt et al., 2023)



Obrázek 14 SOTF přístup k plánování

(zdroj: Puyt et al., 2023)

5.3.3 RIPRAN analýza

RIPRAN (Risk Project Analysis) je specificky česká metoda zaměřená na analýzu rizik v projektech. Metoda je efektivním nástrojem zejména pro studie proveditelnosti nových produktů, vhodná pro identifikaci, kvantifikaci a zvládání rizik v prostředí průmyslových projektů, přičemž důraz je kladen na praktické využití v týmech a na důslednou dokumentaci výsledků. (Bockova a Lajcin, 2018)

RIPRAN metodika rozděluje celý proces do několika fází: příprava analýzy rizik projektu, identifikace rizik projektu, kvantifikace rizik projektu, odezva na riziko, celkové zhodnocení a sledování včetně vyhodnocování rizik v průběhu projektu. RIPRAN systematicky propojuje hrozby a scénáře (příčina–následek), umožňuje kvantifikaci pomocí pravděpodobnosti a dopadu a vede ke konkrétním návrhům opatření pro snížení rizik. Výstupem je přehledný „registr rizik“, který slouží k dalšímu sledování a řízení rizik v průběhu projektu. Metoda klade důraz na týmovou spolupráci, kvalitní vstupy i výstupy a umožňuje vyčíslit i příležitosti, které mohou rizika kompenzovat. (RIPRAN-Metoda pro analýzu projektových rizik)

6 SHRNUÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

Teoretická část se v úvodu zaměřila na vymezení samotné podstaty průmyslového inženýrství, jeho hlavních cílů a úlohy průmyslového inženýra, přičemž byla zdůrazněna vazba tohoto oboru na současné trendy v oblasti digitalizace a automatizace výroby. Následně byly představeny základní body výrobního systému, včetně plánování výroby a specifik jednotlivých fází výrobního procesu.

Jádrem teoretické části byl rozbor principů štihlé výroby, která tvoří koncepční rámec pro veškeré optimalizační a zlepšovací aktivity. V návaznosti na to byly popsány principy identifikace a eliminace plýtvání, zásady ergonomické optimalizace pracoviště, outsourcingu a přístupy ke zvyšování kvality.

Další kapitoly se věnovaly konceptu Průmyslu 4.0, jeho historickému vývoji, klíčovým technologickým prvkům a perspektivám do budoucna v kontextu rozvoje Průmyslu 5.0. V této souvislosti byly diskutovány i aktuální technologie, jako je umělá inteligence, strojové učení a neuronové sítě, které hrají klíčovou roli v moderní výrobě.

Závěrečná část se zabývala projektovým řízením, principy fungování projektového týmu, řízení rizik a využitím specifických metod a nástrojů, jako jsou SMART, RASCI, RIPRAN či SWOT analýza. Teoretická část tak vytvořila komplexní základ pro praktickou realizaci projektu zaměřeného na optimalizaci výrobního procesu vybraného produktu včetně implementace automatického optického kontrolního zařízení s využitím strojového učení. Vybrané teoretické poznatky a metody byly následně v praktické části aplikovány.

II PRAKTICKÁ ČÁST

7 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

V úvodní části byla předložena základní data o společnosti, ve které probíhaly optimalizace výrobního procesu vybraného produktu.

7.1 O společnosti

Vybraná společnost působí na území České republiky a má formu společnosti s ručením omezeným. Jedná se o dceřinou společnost, která je součástí širšího koncernu.

Firma byla založena v průběhu 90. let 20. stol a v současnosti provozuje své aktivity ve 2 střediscích, kde zaměstnává přibližně 230–280 pracovníků.

Společnost podniká v oblasti gumárenského a plastikářského průmyslu a zaměřuje se na:

- ✓ Výrobu
- ✓ Výzkum
- ✓ Vývoj

Hlavním produktem jsou pryžové a pryžotextilní membrány, které nacházejí uplatnění zejména v automobilovém a strojírenském průmyslu. Jedním z největších benefitů společnosti je schopnost zákazníkovi nabídnout kompletní technologicko-výrobní řešení dle jeho specifických požadavků s ohledem na tvar, rozměry, konstrukci, životnost i provozní podmínky výrobku. Jelikož těchto požadavků dosahuje optimalizací výrobní receptury, návrhem formy a automatizací procesu, přísně si střeží své know-how. Proto v této práci nebyla použita žádná loga firma, obrázky strojů, zařízení, konkrétních receptur a produktů. Bylo to jednou z podmínek pro vypracování diplomové práce.

Výroba probíhá v moderním technickém zařízení s důrazem na automatizaci některých procesů, precizní řízení kvality a laboratorní testování, které jsou součástí každodenního provozu.

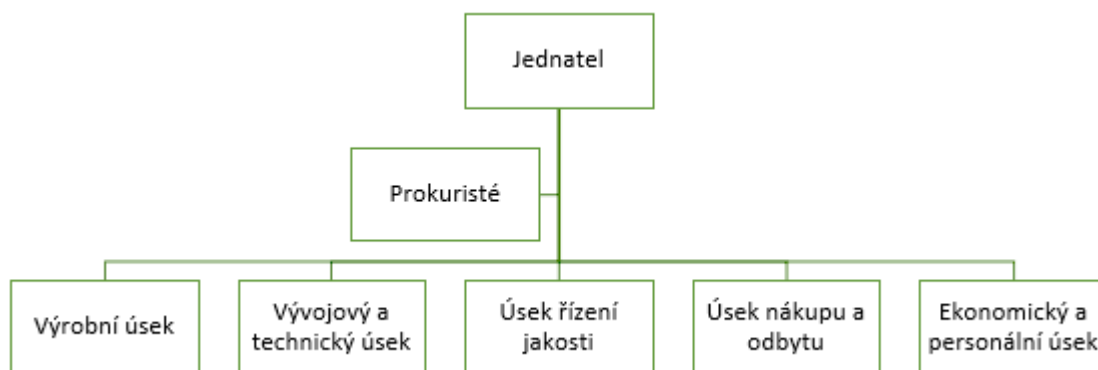
Společnost je držitelem řady mezinárodních certifikací kvality, mezi které např. patří:

- IATF 16949 – pro výrobu komponent v automobilovém průmyslu
- ISO 9001 – systém managementu kvality
- ISO 14001 – environmentální management

Kromě výroby se firma aktivně věnuje také inovačním projektům, technologickému zlepšování procesů a postupnému zavádění principů Průmyslu 4.0. Ekonomická situace firmy je dlouhodobě stabilní, podnik vykazuje dobrou platební morálku. Společnost dlouhodobě plní roli spolehlivého a inovativního partnera v dodavatelského řetězce svých klíčových zákazníků.

7.2 Organizační struktura

Samotná výroba se uskutečňuje ve dvou střediscích, která jsou na sobě relativně nezávislá, nachází se v různých městech a ve druhém z nich probíhá pouze výroba a kontrola kvality. Společná pro obě střediska jsou oddělení managementu, administrace, vývoje a výzkumu, nákupu a odbytu.



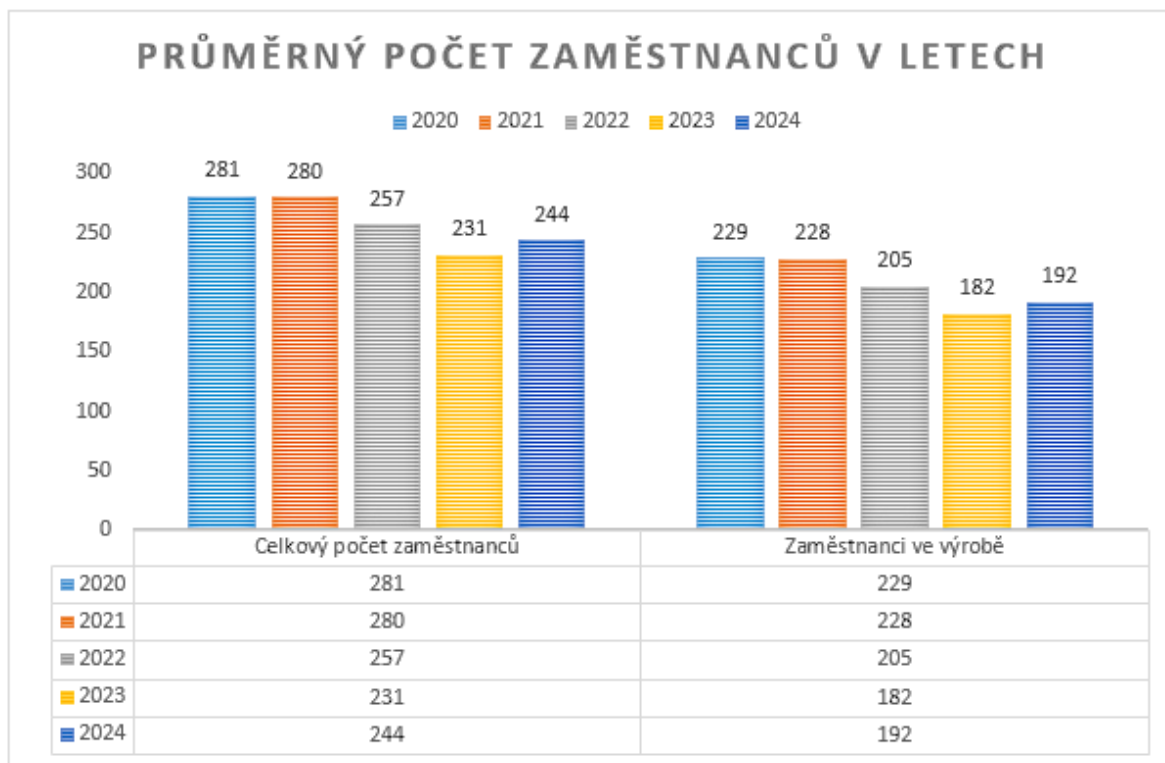
Obrázek 15 Organizační struktura společnosti

(zdroj: vlastní)

Z hlediska poměru zaměstnanců jich převážná část pracuje ve výrobě, dlouhodobě mezi 77 a 81 %, což demonstruje charakter výrobně orientované firmy. Navzdory menším výkyvům v zaměstnanosti, způsobeným zejména pandemií onemocnění Covid-19 a s ní souvisejícími výpadky v dodavatelsko-odběratelských řetězcích, zůstává celkový počet zaměstnanců relativně stabilní. V roce 2023 došlo k mírnému poklesu tržeb, jehož příčiny lze nalézt v geopolitických nejistotách a doznívajících ekonomických dopadech pandemie. Avšak v následujících obdobích se předpokládá soustavný růst, který je aktuálně již vidět v opětovném zvýšeném poptávaném množství produktů ze strany zákazníků.

V následující tabulce lze vidět celkové počty zaměstnanců v letech 2020–2024 i poměr mezi zaměstnanci ve výrobě k celkovému počtu zaměstnanců. Patrný je lehký pokles počtu zaměstnanců mezi roky 2021–2023 z výše uvedených důvodů.

Tabulka 1 Průměrný počet zaměstnanců během let 2020–2024



(zdroj: vlastní)

7.3 Portfolio produktů

Portfolio produktů je ve spolupráci s technickým a vývojovým oddělením neustále rozvíjeno, reaguje na nové aktuální potřeby zákazníků, trendy v oblasti automobilového průmyslu a energetiky. Speciální pryžové a pryžotextilní membrány se široce uplatňují v oblastech měřicí, regulační, čerpací a nejvíce však v oblasti automobilové techniky. Hlavní část výrobního programu tvoří pryžotextilní membrány pro subdodavatele automobilového a strojírenského průmyslu, regulátorové membrány a membrány pro plynoměry. Na tento výrobní program se společnost hodlá orientovat i v následujících obdobích.

Na obrázku 16 je zobrazena ukázka pryžotextilní membrány.



Obrázek 16 Pryžotextilní membrána

(zdroj: G-Flex)

Portfolio produktů tedy tvoří membrány:

- Automobilového průmyslu
- Regulátorové membrány
- Pro plynoměry
- LPG a CNG směšovače
- Železniční stavitelství
- Kolejová vozidla

Na základě analýzy produktového portfolia společnosti byla sestavena BCG matice, která propojuje dva klíčové aspekty, kterými jsou tempo růstu trhu a podíl na trhu, tedy konkurenční pozici společnosti v daném segmentu. Cílem této analýzy je identifikovat produkty s vysokým růstovým potenciálem, produkty generující stabilní zisk, ale také produkty, jejichž další výroba může být z dlouhodobého hlediska neefektivní. Její součástí je i rozložení procentuálního podílu jednotlivých skupin produktů na celkovém portfoliu.

Ve skupině *hvězdy* se nachází výrobky inovačně mladé s důležitým postavením na trhu a perspektivou do budoucnosti, jelikož poptávka po těchto výrobcích roste a reflektují aktuální trendy v oboru.

Otazníky představují sortiment, který sice vykazuje příznivý růst trhu, ale firma zde čelí silné konkurenci a nejistému postavení. Pro společnost se jedná o segment s potenciálem zejména v oblasti dalšího technického rozvoje a marketingové posílení.

		Podnik zabírá na trzích významné nebo dominantní postavení	Podnik má na trzích nevýznamné postavení outsidera
Inovačně mladé výrobky	Poptávka po výrobcích na příslušných trzích roste	HVĚZDY kód 1 <i>Automobily</i> (40 %)	OTAZNÍKY kód 2 <i>Kolejová vozidla</i> <i>Železniční stavitelství</i> (15 %)
Inovačně staré výrobky	Poptávka po výrobcích na příslušných trzích stagnuje a klesá	PENĚŽNÍ KRÁVY kód 3 <i>Plynoměry</i> <i>Regulátorové membrány</i> (35 %)	PSI kód 4 <i>LPG a CNG směšovače</i> (10 %)

Obrázek 17 BCG matice modifikovaná dle Valenty

(zdroj: vlastní)

Kategorie *peněžní krávy* zahrnuje 5-7 let vyráběné produkty, které není třeba inovovat z hlediska parametrů produktu, ale přesto přináší společnosti významnou část příjmů a důležité pozice na trhu pro firmu.

Skupina *psi* zahrnuje produkty udržované v portfoliu spíše okrajově. Nedochází zde k inovacím, ani růstu poptávky, ale přesto si tyto výrobky udržují jistou stabilitu ze strany menších zákazníků, a proto jsou nadále vyráběny v omezeném podobném objemu.

8 POPIS VÝROBNÍHO PROCESU VYBRANÉHO PRODUKTU

Společnost provozuje dvě výrobní střediska. Proces výroby vybraného produktu se uskutečňuje v menším z těchto středisek, které sice z hlediska objemu představuje nižší podíl celkové produkce, ale sídlí zde management společnosti, výzkumný a vývojový úsek, úsek odbytu a nákupu, ekonomický a personální úsek. Díky možnému kontaktu s těmito útvary bylo možné dále konzultovat jednotlivé fáze výrobního procesu a porozumět lépe vazbám uvnitř společnosti.

8.1 Vybraný produkt

Jako vybraný produkt byla zvolena pryžotextilní membrána do automobilové průmyslu. Membrány do automobilového průmyslu jsou hlavním výrobkem menšího střediska a konkrétní vybraný produkt zde tvoří přibližně 40 % produkce. Možnost pozorovat a analyzovat výrobu tohoto produktu byla nejfrekventovanější a zároveň optimalizovat výrobní proces produktu, který má největší podíl na produkci menšího střediska, mělo největší smysl.

Souhrn argumentů výběru produktu:

- Komplexní pozorování celého výrobního toku (od přípravy materiálu až po výstupní kontrolu)
- Možnost konzultace průběhu výroby napříč útvary
- Často vyráběný produkt
- Optimalizace procesu šlo velmi snadno aplikovat na další vyráběné produkty

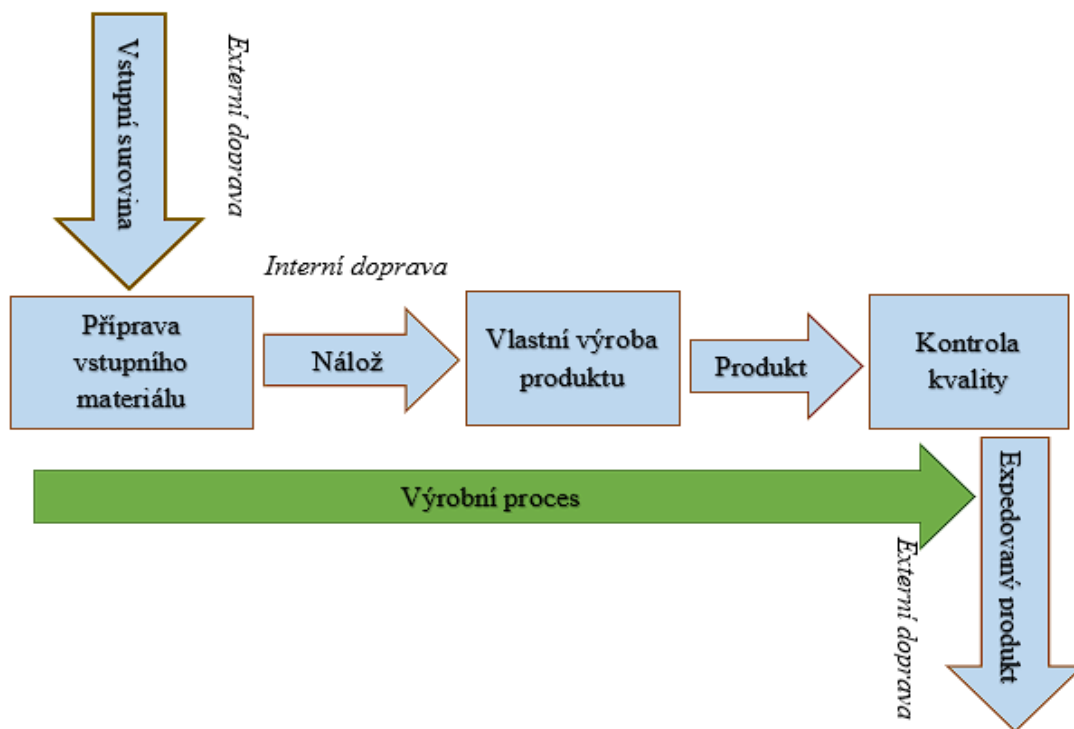
Z těchto důvodů byl výběr tohoto produktu logický, smysluplný a správně provedený.

8.2 Rozmístění pracovišť a tok materiálu

Celý proces výroby se odehrává na třech fázích, přičemž každá z nich je prováděna na specializovaném pracovišti:

1. Pracoviště přípravy vstupního materiálu
2. Pracoviště výroby vlastního produktu
3. Pracoviště kontroly kvality

Tok materiálu a informací mezi pracovišti od příjmu materiálu na první pracoviště až po expedici hotového výrobku zastřešený pod celý výrobní proces znázorňuje následující schéma.



Obrázek 18 Základní schéma výrobního procesu

(zdroj: vlastní)

Vstupní surovinu (syntetická pryž) doručuje externí dodavatel vlastní dopravou na pracoviště přípravy vstupního materiálu, kde probíhá dávkování, míchání a formování suroviny do tzv. náloží. Jelikož budova tohoto pracoviště je fyzicky oddělená od hlavního výrobního úseku, je nutné nálože převážet pomocí interní dopravy na navazující pracoviště. Na druhém pracovišti se produkt vyrábí a ve vedlejší místnosti se nachází pracoviště kontroly kvality a jakosti, kde probíhá optická kontrola kvality. Po kontrole jsou produkty baleny a připraveny k expedici externí dopravou.

8.3 Pracoviště přípravy vstupního materiálu

Na tomto pracovišti probíhá příprava vstupního materiálu do podoby náloží. Jsou zde instalována dvě technologická zařízení:

- Kalandrovací stroj – formuje směs do pásu
- Pístový vytlačovací stroj – z pásu vytváří nálože

Práce s těmito zařízeními vyžaduje důsledné dodržování zásad bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Zaměstnanci jsou povinni používat předepsané osobní ochranné pracovní prostředky s ohledem na vyšší provozní teploty zařízení a manipulaci s materiálem.



Obrázek 19 Kalandrovací stroj

(zdroj: AceyMachinery)

Personální obsazení pracoviště tvoří 3 pracovníci, kteří se dle směnového kalendáře střídají tak, aby zajistili nepřetržitý provoz v délce 12 hodin. Po odečtení povinných přestávek je reálně dostupná kapacita pracoviště 11,5 hodiny denně.



Obrázek 20 Pístový vytlačovací stroj

(zdroj: Barwell, © 2024)

Pro zajištění plynulosti pracoviště lze na základě ilustrovaného rozpisu směn vidět, že jeden pracovník vždy plní 12 hod. směnu a jeden pouze 4 hod. směnu, což by se mohlo zdát jako negativní faktor. Rozhovorem s pracovníky, ale bylo zjištěno, že tento stav je vyhovující a vzhledem k blízkosti bydliště pracovníků naprosto bezproblémový.

Tabulka 2 Příklad rozpisu směn na pracovišti

Listopad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Petr	12	8	4			12	8	4	12	8			4	12	8	4				12	8	4	12	8			4	12	8	4	168
Pavel	8	4	12			8	4	12	8	4			12	8	4	12				8	4	12	8	4			12	8	4	12	168
Přemysl	4	12	8			4	12	8	4	12			8	4	12	8				4	12	8	4	12			8	4	12	8	168

(zdroj: vlastní)

Samotný technologický postup, který probíhá na tomto pracovišti, zahrnuje tyto fáze:

1. Výběr chemikálií dle přesně dané receptury
2. Navažování chemikálií – přesné množství dle specifikací receptury
3. Míchání – homogenizace ve stroji
4. Válcování – probíhá na kalandrovacím stroji
5. Vytlačování – děje se na pístovém vytlačovacím stroji

Přesné dodržení předepsaných receptur a poměrů jednotlivých chemických složek (fáze 1 a 2) je naprosto klíčové, jelikož správné složení vstupní směsi má přímý dopad na funkčnost a kvalitu výsledného produktu. Odchylka může negativně ovlivnit mechanické vlastnosti membrány: elasticitu, pevnost, životnost a odolnost v pracovním prostředí. Tato etapa tedy představuje základní předpoklad pro stabilní kvalitu po zbytek výrobního řetězce.

Tabulka 3 Příklad receptury vybraných membrán

Membrána/ chemikálie	LOC -70 (g)	BHC - 80 (g)	THC - 66 (g)	UP - 70 (g)	PG - 80 (g)	XH 60 (g)
51X3021	525,6	72	276	112	460	184
51M3021	538,8	73,8	282	114,8	471,2	188,6
50XL221/04	508	72	268	108	444	175
50ML221/03	521,7	73,8	274,7	110,7	455,1	180,4

(zdroj: vlastní)

8.4 Pracoviště výroby vlastního produktu

Druhé pracoviště představuje komplexní proces vlastní výroby produktu, kdy dochází k formování pryžotextilní membrány do finální podoby procesem vulkanizace v lisovacích formách. Vyskytují se zde ručně vykonávané činnosti a automatické cykly. Zahrnuje následující operace:

Tabulka 4 Posloupnost operací výroby vlastního produktu

Krok	Název operace	Druh činnosti M = Manuální, A = Automatická
1	Příprava nálože a kovového dílu	M
2	Nakládání do podavače (nakladače)	M
3	Nástřik formy separačním roztokem	M
4	Vložení do lisu	M
5	Vulkanizace – cyklus A	A
6	Vložení výztužné textilie	M
7	Vulkanizace – cyklus B	A
8	Odebrání zálisu z formy	M
9	Zběžná vizuální kontrola pod lupou	M
10	Rozřezání zálisu na pásy	M
11	Osekávání přebytečného materiálu	M
12	Finální vizuální kontrola po oseku	M

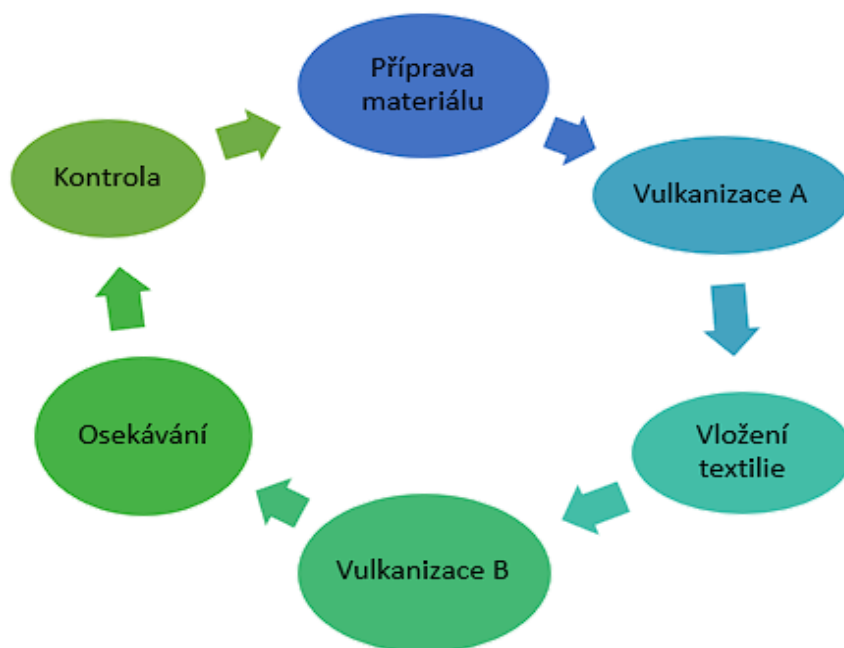
(zdroj: vlastní)

Vulkanizace A a B jsou vulkanizační křivkou pevně dané automatické časy, pracovník během nich vykonává další činnosti.

Z hlediska organizačního uspořádání je výroba členěna do samostatných výrobních buněk pro každého pracovníka a probíhá v jednosměnném provozu. Operátor provádí celý sled operací samostatně a lze jej charakterizovat jako:

- One piece flow (tok jednoho výrobku)

- Kompletní cyklus výroby daného kusu (pracoviště je samostatné, soběstačné a kompletní)
- Minimalizace manipulace mezi operacemi (z jednoho prostoru vstupuje materiál a vystupuje konkrétní kus)
- Decentralizovaná výroba (více identických buněk paralelně)



Obrázek 21 Zjednodušené schéma výrobního cyklu na pracovišti

(zdroj: vlastní)

Při výstupní zběžné kontrole je součástí práce operátora vizuálně pod lupou zkontrolovat kvalitu jím zpracované membrány. Aby z jeho strany bylo minimalizováno procento zmetkovitosti provádí na začátku směny pravidelné úkony přípravy pracoviště zahrnující:

1. Vyčištění formy malým a velkým kartáčem ve vrtačce (spodní a horní otisky)
2. Vyčištění formy mosaznou tyčinkou (horní otisky, těsnící obvod)
3. Vyfoukání obou stran formy
4. Nanesení separace na střed otisku a hranu záskřípu
5. Uzavření formy na 5 min pro vypálení separační hmoty

Tyto činnosti operátor opakuje před zahájením velké přestávky a případně dle potřeby i během směny, zjistí-li abnormální počet výskytu zmetků nebo se zális lepí k hornímu či dolnímu otisku.

Jako hlavní příčiny vzniku zmetků jsou zaznamenány:

- Nekvalitně připravený vstupní materiál
- Poškození při osekávání
- Nesprávně položená textilie
- Nedostatečná očista stroje

Pro systematické sledování kvality a výkonnosti pracoviště slouží karta denního výkonu, která se vyplňuje po každé směně. Uvádí se zde celkový počet zpracovaných kusů a zároveň poměr kvalitních kusů a zmetků. Tyto údaje slouží jako cenný nástroj pro hodnocení efektivity jednotlivých výrobních buněk a zároveň umožňují rychlou identifikaci případných problémů ve výrobním procesu.

Tabulka 5 Karta denního výkonu

Přehled vzhledem k objednávce lisování			Karta č. X
Výrobek: HLA -66 - 485			
Datum	Poznámka	Kusy dobré/zmetky	Celkový počet dobrých kusů
11. 10.2024		1970/10	3 408 156
12.10.2024		2014/2	3 410 170
13.10.2024	Porucha sekačky/úklid	1679/13	3 411 849
14.10.2024		2006/10	3 413 855
15.10.2024		1977/3	3 415 832
18.10.2024		2008/8	3 417 840
19.10.2024	Nůž č. 3	1935/4	3 419 775
20.10.2024		2044/8	3 421 819
21.10.2024		2010/6	3 423 829
22.10.2024		1980/0	3 425 809
25.10.2024	Separační hmota - nová	2001/15	3 427 810
26.10.2024		1975/5	3 429 785
27.10.2024		2009/7	3 431 794
28.10.2024		2011/5	3 433 805

(zdroj: vlastní)

Průměrná zmetkovitost zaznamenaná operátorem na pracovišti se pohybuje kolem 0,5 %. Údaje z karty jsou dále využívány pro účely interního reportingu, identifikaci odchylek od standardu, a hlavně k rozhodování o zlepšovacích opatřeních k činnosti samotného operátora, jeho pracoviště a potřebě údržby zařízení.

Stěžejní je výstupní kontrola pak následujícím pracovišti kontroly kvality.

8.5 Pracoviště kontroly kvality

Toto pracoviště zajišťuje finální vizuální kontrolu kvality membrán. Hlavním cílem je odhalit všechny typy nekvality, které mohly vzniknout během výrobního procesu, a tak zajistit, aby k zákazníkovi odešly produkty splňující veškeré specifikace.

Proces kontroly probíhá následovně:

1. Kontrolor odebírá jednotlivé kusy z připraveného boxu pro kontrolu
2. Výrobek vizuálně kontroluje pod speciální lupou
3. Kvalitní kusy odkládá do boxu pro expedici
4. Vadné kusy ukládá do boxu pro zmetky



Obrázek 22 Příklad lupy pro optickou kontrolu

(zdroj: IndiaMart, © 1996-2025)

Při kontrole kvality jsou posuzovány následující vlastnosti:

- ✓ Přeseknutí těsnícího lemu – nežádoucí narušení profilu

- ✓ Délka přesahu po oseku – nesmí přesáhnout 0,5 mm
- ✓ Soudržnost materiálu – jakákoli nesoudržnost znamená zmetek (mikrotrhliny, díry, deformace)

V případě, že kontrolor zaznamená zvýšený výskyt zmetků, ihned předává zpětnou vazbu směrem k operátorovi na pracoviště výroby. Touto cestou je umožněna rychlá identifikace a náprava příčiny vady, což přispívá ke zlepšení celkové stability procesu.

Celková zmetkovitost na tomto pracovišti se dlouhodobě pohybuje kolem 2 %.

8.6 Typy zkoušek a plán reakcí

Systém řízení kvality je postaven na sestavě interně definovaných typech zkoušek, které se uplatňují v různých fázích výrobního a dodavatelského řetězce. Zkoušky prováděné specializovaným pracovníkem (laboratorní technik, údržbář, metrolog, technolog, vývojář) slouží k ověření shody se specifikacemi, odhalení odchylek a zajištění opakovatelnosti.

Tabulka 6 Typy interně definovaných zkoušek

Typ zkoušky	Popis
Zkouška surovin	Na příjmu vstupní suroviny
Zkouška směsi	Správnost směsi dle receptury
Zkouška přístrojů	Pravidelná kalibrace zařízení a lisů
Identická zkouška	Porovnání s referenčním vzorkem
Vizuální kontrola	Operátorem lupou
Zkouška kalibrem	Kontrola tvarových a rozměrových parametrů
Rozměrová zkouška	Měření délky, výšky, tloušťky
Funkční zkouška	Simulace funkce produktu
Životnostní zkouška	Testování opakovaného zatížení-teploty, tlaku
Zkouška materiálu na hotovém výrobku	Chemická a mechanická stabilita hotového kusu

(zdroj: vlastní)

V návaznosti na zjištěné výsledky je vypracován plán standardizovaných reakcí s cílem eliminovat rizika, minimalizovat dopady a napravit systém – okamžité zamezení dalšího šíření neshodného produktu akcí k informování odpovědné osoby a přijmutí účinných opatření. Plán reakcí je definovaný v interních postupech a obsahuje následující kroky:

- I. Zablokovat zboží – fyzické nebo systémové zablokování dotčených kusů nebo šarží
- II. Podat zprávu dodavateli – odeslání protokolu o neshodě při příjmu surovin
- III. Vrácení zboží – návrat vadného materiálu
- IV. Zastavit výrobu – okamžité přerušení výroby, pokud by neshoda mohla ovlivnit další kusy
- V. Informovat nadřízeného
- VI. Korigovat proces – okamžitá úprava parametrů výroby
- VII. 100% kontrola od poslední bezchybné šarže – kontrola od poslední známé bezvadné dávky
- VIII. Informovat výrobu – zpětná vazba pro operátory a pracovníky výroby
- IX. Informovat zákazníka

Díky tomuto ucelenému jednotnému systému reakčních opatření je zajištěna vysoká úroveň řízení kvality a schopnost pružně reagovat na vzniklé odchylky a nesoulad v reálném čase.

9 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Cílem této kapitoly bylo zhodnotit stávající stav výrobního procesu vybraného produktu, identifikovat klíčové faktory, které ovlivňovaly jeho výkon, kapacitu a efektivitu. Analýza byla zaměřena na jednotlivá pracoviště i na celkový tok materiálu celým procesem. Na pracovištích byla zhodnocena technologická vybavenost, personální obsazení, procesní časy, dosahovaná kapacita a identifikace úzkých míst, která ovlivňovala plynulost a výkonnost celého procesu. Součástí analýzy bylo i prostorové uspořádání jednotlivých pracovišť formou layoutů.

9.1 Layout, procesní časy a kapacita prvního pracoviště

Pracoviště připravuje vstupní materiál výroby (nálože) ze suroviny od dodavatele. Proces obsahuje následující operace v uvedeném pořadí.



Obrázek 23 Schéma výrobního procesu nálože

(zdroj: vlastní)

Pracoviště je obsazeno 3 pracovníky, kteří zajišťují denní provoz v rozsahu 12 hodin, po odečtení zákonných přestávek je k dispozici efektivní kapacita 11,5 hodiny denně. Pracovníci se střídají v souladu se směnovým kalendářem v pravidelném denním rytmu: první pracovník 12 hodin denně, druhý pracovník 8 hodin denně a třetí pracovník 4 hodiny denně, přičemž na pracovišti se nachází vždy dva pracovníci. Výrobního procesu se účastní oba pracovníci společně, kooperují na jednotlivých operacích, jejich spolupráce není jen organizační, ale často i nezbytná z technologického hlediska. Některé kroky jako manipulace s těžkým materiálem a materiálem větších rozměrů vyžadují součinnost obou pracovníků. Díky tomuto nastavení dochází k plynulému průběhu procesu bez prostojů, ale zároveň je tím omezena možnost paralelního zpracování více dávek a zvyšuje se závislost na dostupnosti obou pracovníků současně. Z hlediska kapacitního plánování je snížena flexibilita toho pracoviště.

Požadavek na velikost denní produkce činí 16 000 kusů, přičemž jedna výrobní dávka odpovídá velikosti 1 525 kusů. Průměrná délka procesu činí 1,06 hodiny.

Tabulka 7 Procesní časy operací výroby jedné dávky náloží

Operace	Procesní čas (hod)
Výběr chemikálií	0,08
Navazování	0,08
Míchání směsi	0,18
Válcování	0,29
Vytlačování	0,43
Celkem	1,06

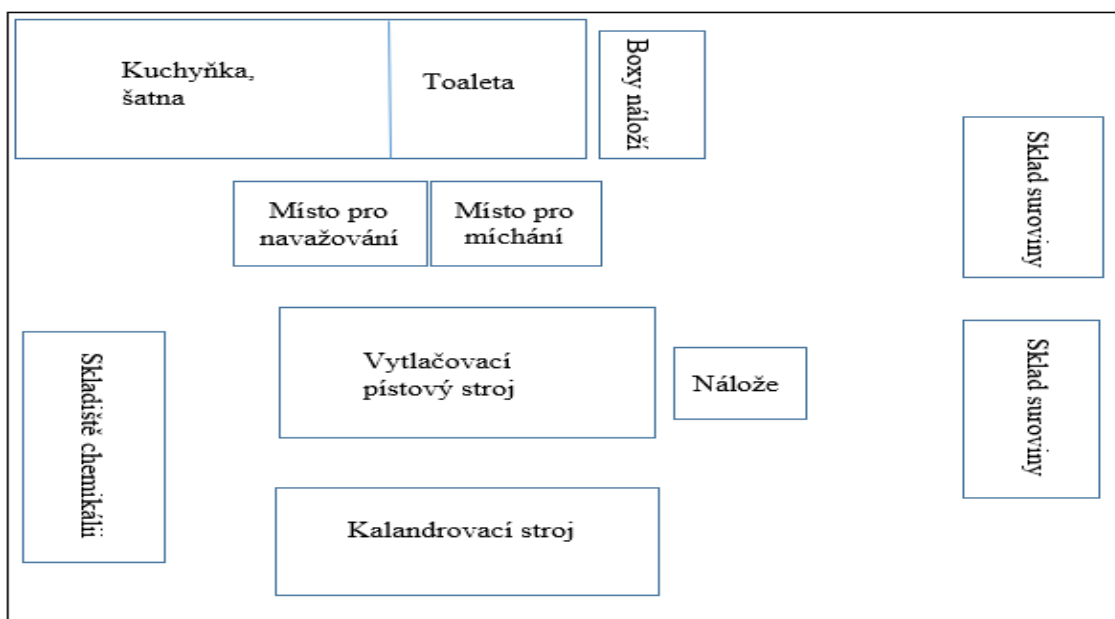
(zdroj: vlastní)

Z uvedeného plyne, že denně je třeba provést 10,5 dávek. Dávka se však nikdy nepůlí a vykonává se tak 10 nebo 11 dávek. Denní časový požadavek je 10,6 hodin v jeden den (v případě 10 dávek) a 11,66 hodin (v případě 11 dávek) druhý den (dostupný denní časový fond činí 11,5 hod). Je patrné, že kapacita pracoviště se pohybuje na hraně (a v případě 11 dávek za hranou) dostupného časového fondu, což omezuje flexibilitu a prostor pro reakce na nestandardní situace jako jsou čekání na surovinu, drobné opravy, poruchy nebo čištění zařízení. Jedná se tedy o kritický článek toku materiálu.

Vytvořené nálože jsou uskladněny jako zásoba v průměru 2 dny, než jsou interní dopravou doručeny na následující pracoviště.

Prostor budovy pracoviště je sice kompaktní, nicméně prostorové rezervy jsou minimální, zejména v oblasti manipulace s materiálem, jak je i ilustrováno na layoutu pracoviště.

Na tomto layoutu je možné vidět, že nelze uvažovat o zavedení jiného paralelního výrobního zařízení do prostoru budovy z důvod nedostatku prostoru.



Obrázek 24 Layout pracoviště přípravy náloží

(zdroj: vlastní)

9.2 Layout, procesní časy a kapacita druhého pracoviště

Na tomto pracovišti, kde dochází k finálnímu zpracování náloží v samotný produkt, pracuje v jednosměnném provozu 8 operátorů. Každý operátor během směny samostatně zpracuje přibližně 2 000 kusů výrobků, což odpovídá celkové denní kapacitě 16 000 kusů a zároveň dodávce 16 000 kusů náloží z předchozího pracoviště.

Celé pracoviště je vybaveno 13 lisovacími stroji, zbylých 5 lisů je k dispozici pro rozšíření výroby, 3 jsou volné z dřívějšího období, kdy byl produkován větší objem výroby a další 2 byly zakoupeny nově.

Každý operátor pracuje samostatně ve své výrobní buňce po celou směnu. Výrobní cyklus zahrnuje 12 operací a je během něj zpracováno 36 kusů. Klíčové operace jsou časově sladěny tak, aby se činnosti vzájemně překrývaly bez prostojů – eliminace plýtvání. Operátor během automatických procesů v lisu provádí přípravu další dávky a dokončovací práce dávky předchozí.

Během fáze vulkanizace A provádí operátor přípravu na další cyklus nové dávky v podobě operací 1 a 2.

Po dokončení cyklu A následuje vložení textilie a spuštění vulkanizace cyklus B. Během fáze vulkanizace B provádí operátor dokončení předchozí dávky v podobě operací 9, 10, 11 a 12.

Tabulka 8 Procesní časy operací jedné dávky výroby produktu

Číslo	Operace	Procesní čas (min)	Poznámka
1	Příprava nálože a kovové dílu	0,8	Probíhá během vulkanizace A
2	Nakládání do nakladače	1,5	Probíhá během vulkanizace A
3	Nástřik separačního roztoku do formy	0,3	Před vložení do lisu
4	Vložení do lisu	0,3	Před spuštěním cyklu A
5	Vulkanizace cyklus A	3	
6	Vložení textilie	0,4	Mezikrok mezi cykly
7	Vulkanizace cyklus B	3	
8	Odebrání zálisu	0,3	
9	Vizuální kontrola lupou	0,3	Probíhá během vulkanizace B
10	Rozřezání zálisu	0,4	Probíhá během vulkanizace B
11	Osekávání	1,2	Probíhá během vulkanizace B
12	Vizuální kontrola po oseku a třídění kvalitních kusů a zmetků do boxů	0,6	Probíhá během vulkanizace B
	Celkem	12,1	

(zdroj: vlastní)

Procesní čas první dávky činí 12,1 min. Díky organizaci práce operátora a překrývání operací během automatických operací vulkanizace A a B dosahuje čas každé další dávky hodnoty 7,3 min, což je součet časů operací, které se nepřekrývají – operace 3 až 8.

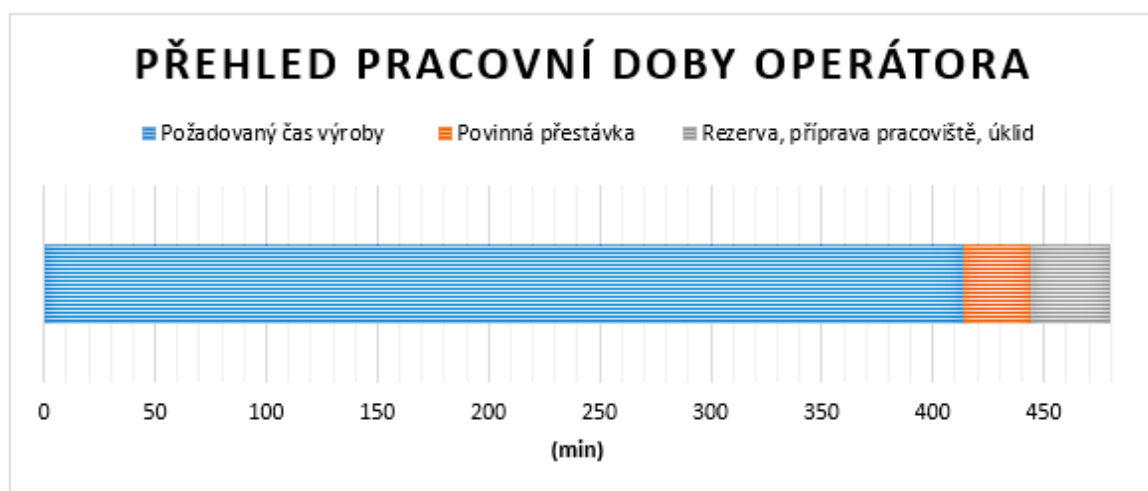
Denní časový fond operátora po odečtení povinné přestávky je 7,5 hod = 450 min. Při velikosti jedné dávky o 36 ks a požadované denní produkci v počtu 2 000 ks činí nutný počet dávek 55 nebo 56 dávek. Při kalkulované rezervě, času na přípravu pracoviště, lisu a

opakovanou údržbu před přestávkou je dostupný operátora čas 420 min. Aby zvládnul denní požadavek 2 000 kusů dosahuje jeho dostupný čas na jednu dávku nejvýše 7,5 min.

$$\frac{420}{56} = 7,5 \text{ min} > 7,3 \text{ min}$$

Celkový požadovaný čas na denní produkci získáme výpočtem:

Operace 1 a 2 první dávky + 56 dávek v čase 7,3 min + operace 8 až 12 poslední dávky = 413,5 min.



Obrázek 25 Přehled pracovní doby operátora na pracovišti výroby

(zdroj: vlastní)

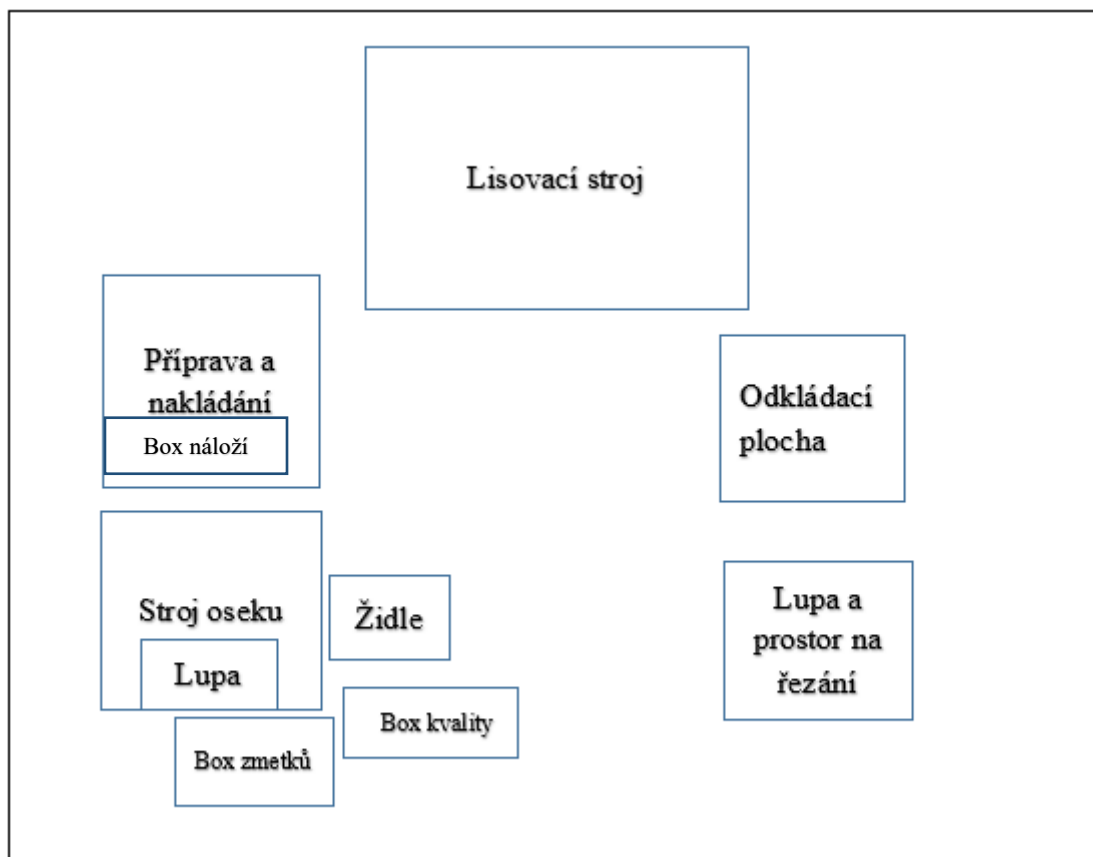
Vzhledem k dostupnému časové fondu 420 min je proces časově optimalizovaný i se započítanou předchozí rezervou.

Tímto způsobem operátor stíhá zpracovat 56 dávek denně. Taková organizace práce i pracoviště odpovídá principům štihlé výroby a umožňuje udržet stabilní výrobní takt. Systém je navržen tak, aby minimalizoval prostoje a zároveň zbytečně nepřetěžoval operátora.

Z hlediska layoutu je pracoviště navrženo velmi efektivně, operátor má potřebné materiály, nástroje i zařízení v bezprostřední blízkosti svého místa. Toto uspořádání takto eliminuje:

- Zbytečné pohyby pracovníka
- Vícenásobné manipulace s materiálem
- Prostoje mezi jednotlivými operacemi

Pracoviště je díky volné strojové kapacitě připravené i na varianty potřeby navýšení objemu výroby.



Obrázek 26 Layout pracoviště výrobní buňky operátora výroby produktu

(zdroj: vlastní)

9.3 Analýza pracoviště kontroly kvality

Třetí pracoviště je klíčovým článkem v systému řízení jakosti. V současnosti zde pracuje 5 samostatných kontrolorů, kteří provádějí 100% ruční kontrolu všech vyrobených kusů. Každý pracovník má své individuální pracoviště a jeho proces vypadá následovně:

- 1) Odebírá jednotlivé kusy z boxu určeného ke kontrole
- 2) Vizualně pod speciální lupou posuzuje kvalitu membrány
- 3) Třídí membrány do boxu pro expedici (kvalita) nebo do boxu pro zmetky (nekvalita)

Denní objem určený ke kontrole odpovídá výstupu z druhého pracoviště a činí tedy 16 000 kusů za den. Každý z 5 kontrolorů tedy zpracovává denní dávku o velikosti 3 200 kusů za den. Tato hodnota odpovídá při standardní pracovní době 7,5 hod za směnu (po odečtení 0,5

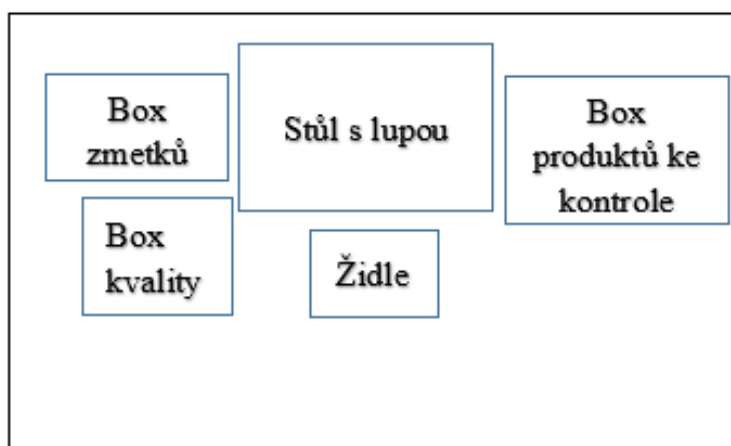
hod povinné přestávky) 8,4 s na jeden kus. Kapacitně bylo pracoviště hodnoceno jako dostačující.

Pracoviště je uspořádáno jako soustava samostatných stolů se speciální integrovanou lupou, u nichž každý pracovník má po pravé ruce vstupní box a po levé ruce výstupní boxy.

Z podstaty ergonomie je pracoviště nenáročné, ale z hlediska udržitelnosti výkonu problémové:

- na optické přetížení lidského orgánu
- subjektivní posuzování
- udržení míry pozornosti a trpělivosti

Aktuální stav organizace a kapacity pracoviště je celkově funkční, nicméně limitovaný lidským faktorem pro stálost kvality.



Obrázek 27 Layout jednoho pracoviště kontroly kvality

(zdroj: vlastní)

Dlouhodobá zmetkovitost se pohybuje kolem 2 %. Jednou z hlavních funkcí tohoto pracoviště je okamžité hlášení zpětné vazby do výroby ke konkrétnímu pracovišti v případě nadměrného výskytu zmetků ve výrobní dávce a trasování příčiny tohoto problému

10 SHRNU TÍ ANALÝZY

Analýza současného stavu výrobního procesu pryžotextilní membrány ve vybrané společnosti byla provedena celým hodnotovým tokem od přípravy vstupního materiálu až po finální kontrolu. Cílem bylo vyhodnotit časové, kapacitní i prostorové možnosti jednotlivých pracovišť, popsat výrobní procesy, identifikovat kritická a úzká místa.

Výrobní proces byl rozdělen do tří navazujících částí. Prvotní analýza ukázala, že vstupní pracoviště disponuje minimální nebo žádnou časovou rezervou v závislosti na počtu dávek. Výroba probíhala v kooperaci dvou pracovníků postupně na dvou strojích a v případě výpadku materiálu, nutnosti oprav či přerušení práce nebylo možné splnit požadovanou denní dávku. Pracoviště bylo silně vytížené, z hlediska průmyslového inženýrství bylo označeno toto pracoviště jako kritický článek hodnotového toku, protože jeho kapacitní limit přímo určoval maximální možný výstup celého výrobního systému. Bez úprav technologie nebo organizace nebylo možné dosáhnout navýšení výroby.

Samotná výroba membrán probíhala v samostatných výrobních buňkách, kde každý pracovník zpracovával stabilní objem dávek a kombinoval strojovou automatickou činnost, která probíhala v lisu, s manuální činností v podobě manipulace s materiálem a sekáním v přístroji pro osek.

Výroba byla vyladěna díky překrývání automatických a manuálních operací, čímž v důsledku docházelo k efektivnímu využití pracovní doby. Celý výrobní rytmus operátora byl vyvážený a procesní časy navazovaly bez vzniku úzkých míst. Z hlediska layoutu bylo pracoviště vysoce ergonomické, plynulé a připravené na navýšení kapacity.

Na posledním pracovišti kontroly kvality probíhala výhradně ruční vizuální kontrola. Lidská kontrola byla značně subjektivní a limitující s ohledem na únavu a riziko přehlédnutí defektu. Každý kontrolor hodnotí tisíce kusů denně, z dlouhodobého hlediska nešlo zvýšit produktivitu pracovníka, byla zde limitována možnost růstu z podstaty lidského faktoru.

Z celkové analýzy vyplynulo, že už nyní výrobní proces naráží na své limity, hlavně na prvním pracovišti přípravy vstupního materiálu. Zbývá dvě pracoviště byla stabilní, optimalizovaná v rámci dostupných kapacitních možností. Další růst výkonnosti a kvality výroby byl podmíněn provedením optimalizačních kroků. Možnosti se nabízely v oblasti automatizace procesů třetího pracoviště a lepší práci se zdroji na pracovišti prvním.

11 CHARAKTERISTIKA PROJEKTU

Tato kapitola se zabývá tvorbou projektu a jeho realizací na základě zpracovaných analýz. Požadavkem společnosti bylo optimalizovat výrobní proces se zvýšením denní produkce membrány. Projekt vycházel z požadavku managementu na navýšení výrobní kapacity ze stávajících 16 000 kusů za den na cílových 22 000 kusů za den, jednalo se o 35% zvýšení.

Zároveň byl v rámci modernizace výroby kladen důraz na zavedení principů Průmyslu 4.0 a lean managementu, zejména v oblasti kontroly kvality, a to prostřednictvím implementace stroje na optickou kontrolu, strojového vidění a podpory strojového učení. Aby byl projekt správně proveden bylo nutné jej definovat, nastavit harmonogram, provést rizikovou analýzu a ekonomicky jej vyhodnotit.

11.1 Definování a základní informace o projektu

Projekt byl veden s hlavním cílem, kdy bylo stanoveno optimalizovat výrobní proces s navýšením produkce a dílčím cílem v podobě optimalizace výrobního procesu zavedením stroje pro optickou kontrolu kvality.

Optimalizace byla provedena na dvou místech:

1. Zvýšení výrobní kapacity na základě požadavku managementu
2. Implementací stroje pro optickou kontrolu kvality

Hlavní cíl projektu dle metody SMART:

Tabulka 9 Hlavní cíl projektu dle metody SMART

S (specifický)	Zvýšení denní produkce optimalizací procesu
M (měřitelný)	O 6000 ks za den = o 35 %
A (akceptovatelný)	Ano, jedná se o vlastní požadavek vedení
R (reálný)	Kalkulace doložena výpočty
T (časově ohraničený)	Do 6 měsíců od spuštění projektu

(zdroj: vlastní)

Dílčí cíl projektu dle metody SMART:

- S – Implementovat stroj pro optickou kontrolu kvality
- M – 100 % výstupní kontrola kvality membrán
- A – Management chce zavádět automatizované technologie a metody štihlé výroby
- R – technologie a AI strojové učení podloženo poznatky z analýz výrobců
- T – do 6 měsíců od startu projektu

Dle vstupních dat a požadavků společnosti byl vypracován projektový list

Tabulka 10 Projektový list

Souhrn základních informací o projektu	
Název projektu	Optimalizace výrobního procesu membrány a zavedení optické kontroly kvality
Zadavatel projektu	Management společnosti
Projektový tým	Ředitel výroby, technolog, mistr výroby, vedoucí kvality, diplomant
Proces	Výroba pryžové membrány
Hlavní cíl	Zvýšení denní produkce pryžové membrány o 35 %
Dílčí cíl	Úspěšná implementace stroje pro automatizovanou optickou kontrolu kvality Přesnější vyhodnocení zmetkovosti
Předpokládaný rozpočet	4 mil. – 6 mil. Kč
Datum zahájení projektu	1. 2. 2025
Předpokládané ukončení projektu	1. 8. 2025

(zdroj: vlastní)

Uvedené informace v projektu se mohly v čase měnit v závislosti na průběhu a úspěchu provedených změn. Zejména složení projektového týmu bylo možné vhodně doplnit či

změnit z odborných pracovníků společnosti. Při zavádění nové technologie se předpokládalo aktivní zapojení do týmu ze strany dodavatele.

11.2 Harmonogram projektu

Časový harmonogram projektu byl navržen tak, aby jednotlivé kroky na sebe logicky navazovaly. Projekt byl zahájen v prvním týdnu v únoru 2025 seznámením diplomanta s organizací, výrobním prostředím a vstupní analýzou výrobního procesu. Toto sestávalo z pozorování výroby, měření časů jednotlivých operací a identifikací úzkých míst ve výrobním toku, což bylo zásadní pro pochopení možnosti kapacitního navýšení, které následovalo. V dalším kroku navazovala hloubková analýza celého procesu a hledání optimalizace v návaznosti na požadavky společnosti.

Pro splnění hlavního cíle následovaly v čase tyto činnosti:

- Seznámení se s organizací
- Sledování celého výrobního procesu membrány
- Monitoring jednotlivých pracovišť výroby
- Měření procesních časů, identifikace plýtvání
- Rozhovory s pracovníky
- Identifikace úzkých míst
- Vlastní analýza procesu
- Konzultace s managementem
- Vypracování optimalizace výrobního procesu dle požadavků managementu

Hlavním přínosem bylo formulovat návrhy, které jsou realizovatelné nejen technicky, ale zároveň i časově a organizačně. Harmonogram tak účinně sloužil jako zpětná kontrola plnění uvedených činností.

Pro plnění optimalizačních cílů a podporu projektu bylo vypracováno následující časové rozvržení aktivit.

Tabulka 11 Časový harmonogramu projektu

Aktivita/měsíc		2				3				4				5				6				7			
Aktivita/týden		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Seznámení se s organizací	■	■																						
2	Analýza procesu			■	■																				
3	Návrh optimalizace					■																			
4	Sestavení týmu						■																		
5	Výběr dodavatele							■																	
6	Instalace								■	■															
7	Implementace strojového učení									■	■	■	■												
8	Testování											■	■	■	■	■	■								
9	Odstranění chyb, kontrola																	■	■						
10	Školení personálu																		■	■					
11	Pilotní provoz																				■	■	■		
12	Dokončení a vyhodnocení																								■

(zdroj: vlastní)

11.3 RIPRAN analýza

K identifikaci rizik a jejich vyhodnocení související s realizací projektu optimalizace výrobního procesu se zavedením stroje na optickou kontrolu kvality byla použita metodika RIPRAN analýzy. Dle této analýzy byla v první fázi projektovým týmem stanovena příslušná rizika, kvantifikována jejich pravděpodobnost (P) a dopad na projekt (D) a jejich

prostým součinem vyhodnocena celková hodnota rizika. Tato rizika byla seřazena dle celkové hodnoty a zároveň k nim byla navržena i opatření, která snižovala jejich pravděpodobnost či dopad. Interní metodika stanovila následující škálování:

- Pravděpodobnost (P): 1 = velmi nízká, 5 = velmi vysoká
- Dopad (D): 1 = zanedbatelný, 5 = kritický
- Celková hodnota (H): čím vyšší číslo, tím zásadnější význam

Tabulka 12 RIPRAN analýza

Č.	Riziko	Scénář	P	D	H	Opatření
1	Odpor zaměstnanců k novému systému	Zaměstnanci vnímají nový systém jako hrozbu	3	4	12	Zaměstnancům vysvětlit výhody, přesvědčit je, že společnost nebude redukovat prac. pozice
2	Nedosažení cílové výrobní kapacity	Optimalizace nedosáhne požadované produkce	2	5	10	Důkladná analýza, propočty, simulace výrobního toku
3	Špatný výběr dodavatele	Dodavatel nesplní požadované parametry	2	5	10	Důsledná analýza trhu, zodpovědný výběr dodavatele
4	Chybná analýza vstupních dat	Špatně změřené časy, toky	2	4	8	Verifikace dat, konzultace a prezentace v týmu
5	Špatně nastaven harmonogram projektu	Projekt nestihá plnit stanovené termíny	3	2	6	Vyžadovat plnění povinností členů týmu
6	Nedostatečná spolupráce projektového týmu	Změny členů týmů, nedodržení plnění úkolů	3	2	6	Pravidelné konzultace týmu, zpětné vazby a motivace
7	Technické problémy při implementaci stroje	Problémy při zapojení, propojení s výrobou	2	3	6	Zajištění servisu od dodavatele
8	Překročení finančního rozpočtu	Chybně kalkulován rozpočet	2	2	4	Rádně stanovit rozpočet, konzultace v týmu
9	Nedostatečné výsledky strojového učení	Nesprávná detekce optické kontroly	1	2	2	Zpětné lidské prověření, kalibrace databáze
10	Zvýšení zmetkovosti po spuštění	Stroj více třídí zmetky	1	2	2	Revize databáze zmetků, kalibrace software
11	Nedostatečné zaškolení personálu	Zaměstnanci nesprávně pracují	1	2	2	Důkladné proškolení, kontrola vedoucím pracovníkem

(zdroj: vlastní)

Z výše provedené analýzy vyplynulo, že pro eliminaci či snížení rizik měl být největší důraz kladen na:

1. Práci se zaměstnanci – vysvětlit jim přínos optimalizace výrobního procesu a zavedení nové technologie. Ujistit zaměstnance, že firma nemá v plánu snižovat počet pracovních míst a pozitivně je motivovat k přijetí nové technologie, práce s ní a důkladně je proškolit. Nezbytné je naslouchat zpětné vazbě zaměstnanců a trpělivě redukovat jejich chyby při implementaci nového zařízení
2. Testování a verifikace výpočtů optimalizovaného procesu
3. Zodpovědnou práci v rámci projektového týmu, pravidelné konzultace
4. Řádný výběr dodavatele po důkladném zmapování trhu včetně smluvně ošetřených neplnění ze strany dodavatele.

12 OPTIMALIZACE A NAVRHOVANÉ ZMĚNY VÝROBNÍHO PROCESU

V této části diplomové práce byly zpracovány konkrétní varianty optimalizace výrobního procesu. Byla zvolena struktura od počátečního pracoviště přípravy vstupního materiálu až po pracoviště kontroly kvality produktu.

12.1 Optimalizace výrobního procesu na pracovišti přípravy vstupního materiálu

Budova pracoviště přípravy vstupního materiálu se nacházela mimo hlavní budovu, v níž probíhala výroba produktu, kontrola kvality produktu, a kde sídlil management. Dodavatel vlastní dopravou v pravidelných dávkách expedoval surovinu (syntetická pryž), z níž se v 5 procesních krocích vyráběl vstupní materiál do výroby produktu tzv. nálož. Tuto nálož dovážela společnost vlastní dopravou do budovy pracoviště výroby produktu.

12.1.1 Výchozí stav výroby

Na pracovišti přípravy náloží bylo základní východisko určeno z těchto vstupních údajů:

- Průměrná denní produkce: 16 000 ks
- Dávka: 1 525 ks
- Počet dávek: 10,5 dávky / den *(vždy se dokončovala celá dávka => 10 nebo 11 dávek)*
- Procesní čas 1 dávky: 1,06 h
- Časový fond: 11,5 h / den
- Potřebný čas: $10,5 \times 1,06 = 11,13$ h *(10,6 h v případě 10 dávek a 11,66 h v případě 11 dávek)*
- Počet pracovníků na pracovišti: 3

Pracoviště zpracovávalo vždy celou dávku čili jeden den 10 dávek a druhý den 11 dávek. Z uvedeného vyplynul časový kapacitní problém, kdy v případě 11 dávek se projevoval nedostatečný disponibilní pracovní čas. Pracovníci tento deficit řešili krácením jejich pracovní přestávky. Jelikož na pracovišti panovaly nadstandardní kolegiální vztahy a i ke společnosti pracovníci projevovali vysokou míru loajality, nevedl tento problém k poklesu morálky, výkonnosti ani spokojenosti zaměstnanců.

V případě 10 dávek vznikala časová rezerva, kterou pracovníci věnovali úklidu pracoviště a jiným přípravným činnostem případně si prodlužovali přestávku.

Tabulka 13 Kapacitní problém pracoviště přípravy vstupního materiálu

POČET DÁVEK	DOSTUPNÝ ČAS (h)	POTŘEBNÝ ČAS (h)	ZÁVĚR
10	11,5	10,6	0,9 h rezerva
11	11,5	11,66	0,16 h deficit

(zdroj: vlastní)

Přestože pracoviště plnilo požadavky z výroby do počtu kusů, tak celkově nebylo možné z hlediska kapacity stávající stav označit jako uspokojivý a kapacitně se jednalo o úzké místo, které bylo třeba zaznamenat a hledat optimalizační řešení.

12.1.2 Požadovaný stav výroby

V návaznosti na požadavky odběratelů se vedení firmy rozhodlo zvýšit plánovanou denní produkci o 6 000 ks.

Nové požadavky:

- Průměrná denní produkce: 22 000 ks
- Počet dávek: 14,4 dávky / den (*14 nebo 15 dávek*)

Výchozí předpoklady:

- ✓ Jednotlivé fáze výroby prováděli dva pracovníci společně, fáze válcování a vytlačování pak u strojů společně neoddělitelně
- ✓ Pracoviště bylo omezené z hlediska prostorové kapacity, další stroje se již nevešly

Na základě těchto skutečností byla možná tato řešení:

1. Otevření nového pracoviště a nákup strojů – zjevně velmi neekonomické, klesla by efektivnost využívání strojů (OEE) a celková efektivnost procesu. Požadavek na zvýšení výroby by musel být mnohem větší (cca o 14 000 ks), abychom toto řešení kalkulovali.
2. Navýšení časového fondu zapojením dalších pracovníků
3. Reengineering procesu

12.1.3 Řešení přijetím pracovníků

Z hlediska navýšení časového fondu připadalo v úvahu přijetí 1 nebo 2 pracovníků. Jelikož proces vykonávali dva pracovníci současně, vedlo by přijetí 1 pracovníka ke zvýšení dostupného času na 15 h / den a 2 pracovníků na 19 h / den. V kalkulacích dostupného času je již započítána povinná pracovní přestávka.

Varianta A: Přijetí 1 pracovníka

Tabulka 14 Přijetí 1 pracovníka

POČET DÁVEK	DOSTUPNÝ ČAS (h)	POTŘEBNÝ ČAS (h)	ZÁVĚR
14	15	14,84	0,16 h rezerva
15	15	15,9	0,9 h deficit

(zdroj: vlastní)

Varianta B: Přijetí 2 pracovníků

Tabulka 15 Přijetí 2 pracovníků

POČET DÁVEK	DOSTUPNÝ ČAS (h)	POTŘEBNÝ ČAS (h)	ZÁVĚR
14	19	14,84	4,16 h rezerva
15	19	15,9	3,1 h rezerva

(zdroj: vlastní)

Cílem řešení bylo vytvořit časový fond pro zvládnutí vyššího počtu dávek a byly zpracovány 2 varianty. Při variantě A a výrobě 14 dávek byla výroba zvládnutelná ovšem s minimální rezervou. Výroba 15 dávek už vyžadovala absenci pracovní přestávky nebo nutnost pracovat přesčas. Navíc neřešila dlouhodobou přetíženost pracoviště a byla tím pádem neudržitelná bez dalších optimalizačních opatření.

Varianta B byla již časově plně zvládnutelná s dostatečnou rezervou, která však byla až zbytečně vysoká (4,16 h resp. 3,1 h). Pracovalo by tedy 5 pracovníků, přičemž denní směna by probíhala v počtu 4 lidí po 10 hodinách. Aby nedocházelo k plýtvání, tak by vyžadovala další směnové úkoly. Její výhoda spočívá v dostatečném rezervě pro další případný růst výroby.

Pro kompletní řešení varianty B byla ještě zmíněna modifikace této varianty, kdy by se na pracovišti vyskytovali v jedné fázi výroby 4 pracovníci zároveň a probíhala by výroba 2 dávek souběžně. Teoreticky proveditelná je, protože jedna dvojice by začínala směnu nejméně o 0,43 h později (procesní doba nejdelší fáze). Po 8 hodinách by 3 pracovníci končili směnu, 1 pracovník by zůstal a připojil by se 5. pracovník a ve dvou by dokončili požadovanou denní produkci. Nicméně tato modifikace má zásadní omezení ve velikosti pracovního prostoru, kde by bylo velké riziko kolizí při manipulaci s těžkou a objemově velkou vstupní surovinou, jelikož uličky mezi stroji byly poměrně úzké. Znamenalo by to větší zásah do uspořádání pracoviště. Nicméně budova a pracovní prostor z hlediska velikosti nebyli vhodné pro práci 4 lidí najednou zejména z důvodu manipulace s materiálem, přehlednosti a bezpečnosti. Další nevýhoda by spočívala v náročnější tvorbě směnového kalendáře.

12.1.4 Řešení reengineeringem procesu

Při vyjednávání o navýšení objemu vstupní suroviny od dodavatele byla konzultována varianta připravit vstupní surovinu v pozdější fázi rozpracovanosti. Dodavatel měl dostatečné a kvalitní technologie a připravoval již obdobně surovinu pro konkurenční společnost.

Jednalo se tedy o outsourcing, externí zajištění části výrobního procesu, dodavatel převzal fáze 1 až 3:

1. Výběr chemikálií
2. Navažování
3. Míchání

Firma nadále realizovala fázi 4 a 5:

4. Válcování (0,29 h)
5. Vytlačování (0,43 h)

Cena za realizaci outsourcingu činila 160 Kč za dávku.

Outsourcingem došlo ke zkrácení procesního času a v důsledku i celkového potřebného času pro požadovanou denní produkci.

Varianta C: Outsourcing

Nové parametry:

- Procesní čas 1 dávky: 0,72 h
- Potřebný čas: $14,4 \times 0,72 = 10,3$ h
- Dodatečný náklad 2 304 Kč/den

Tabulka 16 Outsourcing

POČET DÁVEK	DOSTUPNÝ ČAS (h)	POTŘEBNÝ ČAS (h)	ZÁVĚR
14	11,5	10,08	1,42 h rezerva
15	11,5	10,8	0,7 h rezerva

(zdroj: vlastní)

Zkrácením procesního času outsourcingem vstupních fází bylo dosaženo požadované denní produkce bez přijímání nových pracovníků či prodlužování pracovní doby.

12.1.5 Porovnání jednotlivých variant z hlediska nákladů

Jako poslední části srovnání variant bylo vyhodnocení jejich nákladovosti.

Vstupní údaje:

- Cena materiálu: 890 Kč/dávka
- Cena materiálu po outsourcingu: 1050 Kč
- Mzda 280 Kč/hod

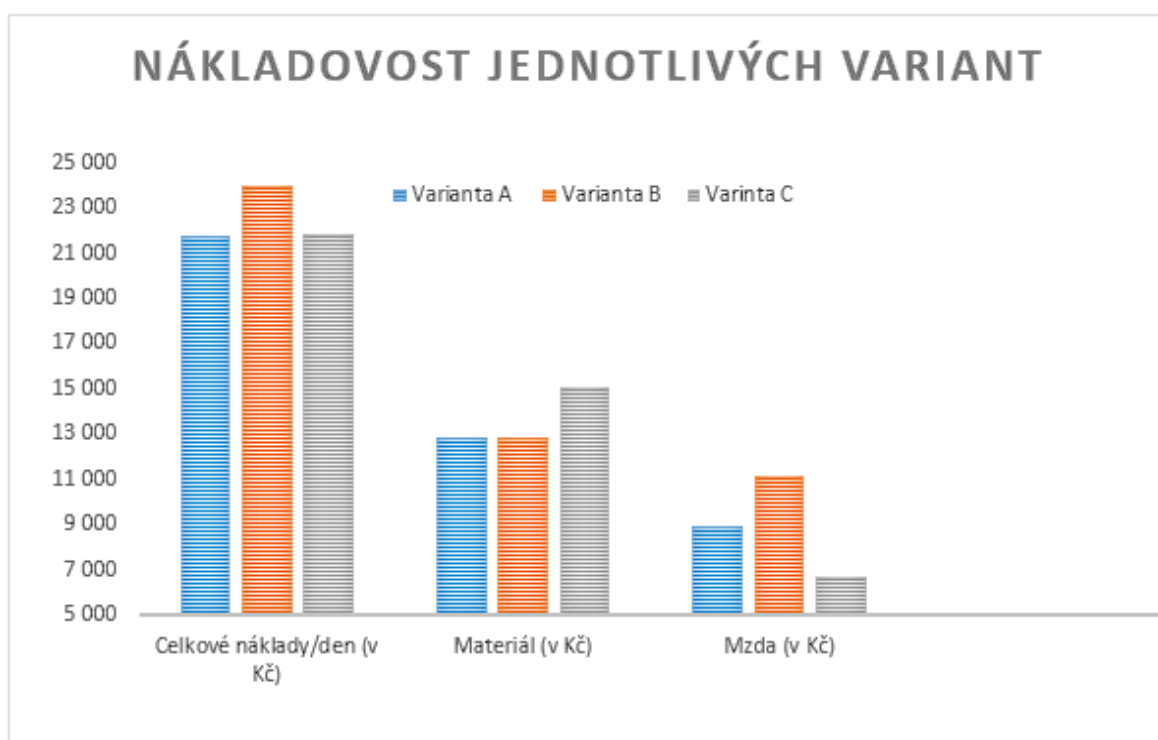
V kalkulaci jsme počítali s průměrnou denní dávkou 14,4. Výrobně se tato hodnota nikdy nerealizovala, vždy dokončujeme celou dávku, ale pro výpočty je objektivnější a neměla vliv na závěry.

Tabulka 17 Nákladová porovnání řešení

VARIANTA	MATERIÁL (Kč)	MZDA (Kč)	CELKEM (Kč)	CENA ZA KUS
Původní	9 345	6 720	16 065	1
A	12 816	8 960	21 776	0,99
B	12 816	11 200	24 016	1,09
C	15 120	6 720	21 840	0,99

(zdroj: vlastní)

Pro optimalizaci výrobního procesu a zároveň splnění požadavku navýšení výroby byla vybrána varianta C – outsourcingové řešení. Varianta B byla nejdražší a ekonomicky nejméně výhodná. Varianta A sice byla nepatrně levnější z hlediska nákladů, ale nebyla schopna pokrýt produkci 15 dávek denně bez omezení pracovní přestávky, bez rizika zpoždění nebo přetížení provozu. Vhodná by byla jen jako krátkodobé řešení. Vybrána tak byla varianta C, která představovala plně kapacitně vyhovující řešení a nabízela i dostatečnou časovou rezervu a stabilitu. Z pohledu zásad průmyslového inženýrství se jednalo o racionální optimalizační opatření, které přispívalo k eliminaci úzkého místa a zároveň podporovalo udržitelný rozvoj výrobního systému.



Obrázek 28 Grafické srovnání nákladovosti jednotlivých variant

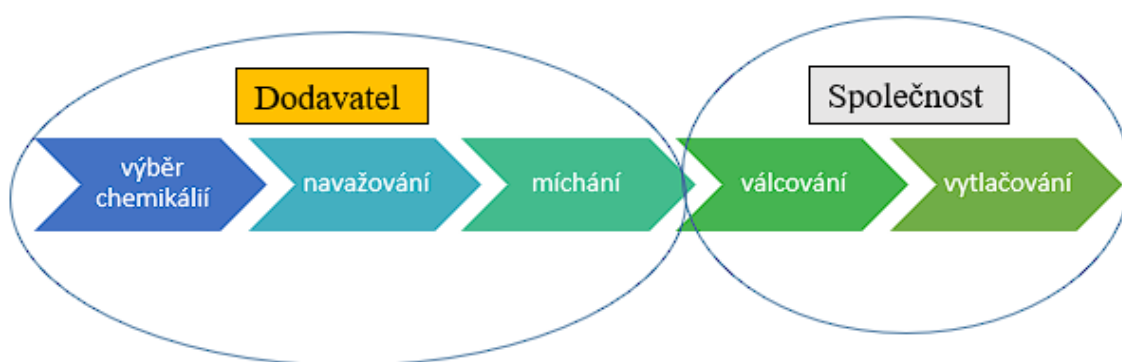
(zdroj: vlastní)

Souhrn výhod pro variantu outsourcingu:

- Časově zvládnutelná s rezervou
- Zkrácení průběžného času výroby
- Již zaškolení pracovníci a stabilní zkušený tým
- Vyšší flexibilita
- Úspora výrobního prostoru

- Vhodnější prostředí pro 5S/Lean uspořádání
- Snížení rizik a nároků na BOZP (nebude obsahovat skladování a míchání chemikálií)
- Odpadá nutnost skladovat, evidovat a kontrolovat nebezpečné látky

12.1.6 Design výrobního procesu po optimalizaci a nový layout pracoviště



Obrázek 29 Design výrobního procesu po optimalizaci

(zdroj: vlastní)

Nové parametry výroby:

- Průměrná denní produkce: 22 000 ks
- Dávka: 1 525 ks
- Počet dávek: 14,4 dávky / den (*vždy se dokončuje celá dávka => 14 nebo 15 dávek*)
- Procesní čas 1 dávky: 0,72 h
- Časový fond: 11,5 h / den
- Potřebný čas: $14,4 \times 0,72 = 10,37$ h (*10,08 h v případě 14 dávek a 10,8 h v případě 15 dávek*)

Takt zákazníka:

Denní dostupný čas: 11,5 h = 41 400 s

Požadovaný výstup: 22 000 ks

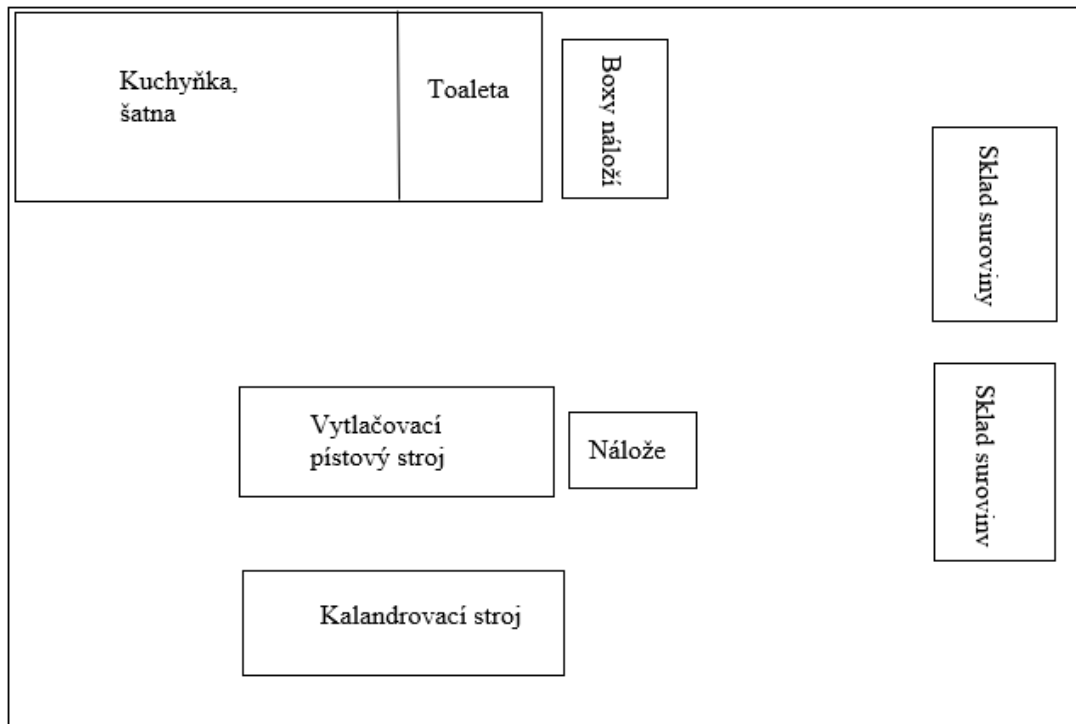
Takt = $41\,400 / 22\,000 = 1,88$ s/kus

Cyklový čas: 0,72 h/dávka = 2592 s/dávka

Dávka: 1525 ks

Cyklový čas = 1,69 s/kus

Provedený návrh měl navíc výrazně pozitivní vliv na uspořádání pracoviště:



Obrázek 30 Layout pracoviště po optimalizaci

(zdroj: vlastní)

Před zavedení optimalizace bylo pracoviště charakterizováno vysokou mírou zaplněnosti, což vedlo k nižší přehlednosti, ergonomii a bezpečnosti práce. Po odstranění ploch a skladovacích prostor pro první tři operace došlo k uvolnění podstatného prostoru. Pracoviště tak mohlo být přehledněji uspořádáno s lepší orientací operátorů a zkrácení jejich pohybových tras. Uvolněné prostory navíc vytvořily předpoklad pro případné další úpravy, rozšíření výroby společně s časovou rezervou umožnily zadat pracovníkům další projekty a činnosti. Nový návrh layoutu pracoviště reflektoval principy štíhlé výroby, která se vyznačuje důrazem na odstranění zbytečných přesunů a plýtvání.

12.2 Optimalizace na pracovišti výroby produktu

Na toto pracoviště byl dodáván pomocí interní dopravy vstupní materiál (tzv. nálož) pro zpracování ve finální produkt. Jednotliví operátoři pracovali samostatně na svém pracovišti u lisu a oseku. Strojová kapacita zahrnovala 12 strojů.

Výchozí stav:

- Příjem z prvního pracoviště: 16 000 ks/den
- Kapacita jednoho operátora: 2 000 ks/den
- Potřeba a počet operátorů ve výchozím stavu: 8

Vzhledem k požadavku společnosti o navýšení na výrobní na 22 000 ks/den bylo potřeba učinit opatření i na tomto pracovišti. Na předchozím pracovišti přípravy vstupního materiálu se navýšení realizovat podařilo.

Byly navrženy 2 varianty, jak optimalizovat výstup tohoto pracoviště, aby bylo dosaženo požadovaného navýšení produkce:

12.2.1 Varianta 1 - navýšení počtu operátorů

Volná strojová kapacita byla 4 stroje, tudíž umožňovala maximální hodnotu produkce v počtu 24 000 ks/den.

Pro splnění stanoveného cíle stačilo přijmout další 3 operátory, výrobní kapacita zvládala zpracovat dané množství:

$$✓ \text{ počet operátorů } \times \text{ výrobní kapacita operátora } = 11 \times 2\,000 = 22\,000 \text{ ks/den}$$

12.2.2 Varianta 2 – pomocí optimalizace a modernizace následujícího pracoviště

Druhá varianta spočívala v optimalizaci následujícího pracoviště, jenž bylo pracoviště kontroly kvality, kde pracovalo 5 pracovníků.

Bylo navrženo řešení (v další kapitole), které díky zvýšení produktivity práce na tomto pracovišti vedlo ke snížení potřebných pracovníků na počet 2. Zbylí 3 pracovníci byli přesunuti na pracoviště výroby produktu.

Tímto krokem došlo ke splnění výrobních požadavků, personální potřeba na druhém pracovišti byla pokryta bez nutnosti nábory nových pracovníků, celkový počet pracovníků se nezvýšil.

Navíc tito pracovníci z kontroly kvality již byli obecně seznámeni s výrobním procesem, začlenění do firemní kultury a z dřívějších pracovních výsledků prokázali své schopnosti a dovednosti pracovat ve společnosti.



Obrázek 31 Alokace pracovníků před optimalizací

(zdroj: vlastní)

V neposlední řadě tímto krokem odpadla varianta snižování počtu pracovníků v podobě ukončení pracovního poměru, které má vždy negativní vliv na atmosféru a morálku ve společnosti.



Obrázek 32 Alokace pracovníků po optimalizaci

(zdroj: vlastní)

Tato kombinace technického řešení a organizačních opatření představuje typický příklad využití metod průmyslového inženýrství, kde je optimalizace realizována nejen

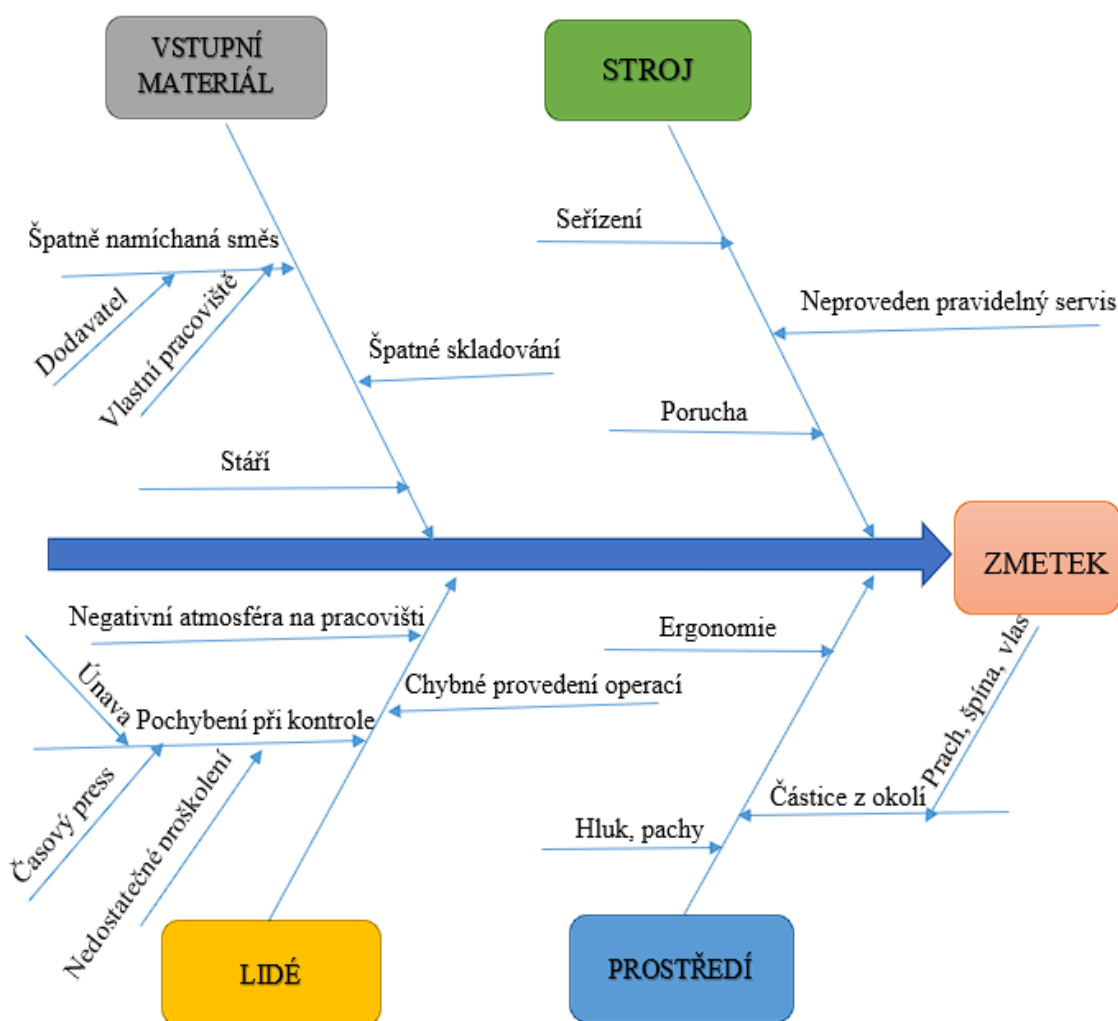
prostřednictvím investic, ale také prostřednictvím efektivního řízení lidských zdrojů a adaptivního využití stávajících kapacit.

12.2.3 Optimalizace vlastního výrobního procesu na pracovišti

Samotný výrobní proces nebylo potřeba měnit a optimalizovat, fungoval dostatečně z hlediska výkonu i kvality. Potencionální zlepšení bylo možno učinit v rámci čistoty pracoviště a rozmístění pracovních nástrojů, zavedení metody 5S.

Na základě vlastního pozorování a zpětných vazeb od operátorů byl sestaven Ishikawa diagram, který identifikoval možné příčiny vzniku zmetku na tomto pracovišti.

Lze vidět, že příčiny, které mohly vést ke vzniku zmetku, byly velice pestré. Často ani příčina nešla objektivně zjistit a zůstala ve fázi spekulací a dohadů.



Obrázek 33 Ishikawa diagram znázorňující příčiny vedoucí ke vzniku zmetku

(zdroj: vlastní)

12.3 Optimalizace na pracovišti kontroly kvality

Pracoviště kontroly kvality mělo za úkol kontrolovat každý výrobek přijatý z pracoviště výroby samotného produktu. Tento výrobek operátor pracoviště kontroly vyhodnotil jako kvalitní či nekvalitní.

Výchozí stav:

- Příjem z druhého pracoviště: 16 000 ks/den
- Kapacita jednoho operátora: 3 200 ks/den
- Potřeba a počet operátorů ve výchozím stavu: 5

Vzhledem k požadavku na zvýšení produkce na 22 000 ks by společnost mohla přijmout další 2 pracovníky a pracoviště by pak zvládalo plnit denní požadavek.

Jelikož dosavadní kontrola probíhá pracovníkem vizuálně pod lupou, plynou z ní následující nedostatky:

- Subjektivita pracovníka
- Nerovnoměrná kvalita (lidské oko je unavitelný orgán)
- Omezená rychlost
- Zastaralost procesu

Z těchto důvodů bylo vedením firmy v kooperaci s projektovým týmem rozhodnuto jít cestou automatizace, využitím principů štihlé výroby a modernizace v rámci Průmyslu 4.0. Navržený stroj na automatickou optickou kontrolu kvality měl výše zmíněné nedostatky odstranit.

12.3.1 Navržení stroje na optickou kontrolu kvality

Z požadavků byly nejzásadnější nároky na optický systém, jeho přesnost a citlivost. 3D kontrola měla vyhodnotit tvar profilu lemu, šířku, hloubku, symetrii, deformace a mikrotrhliny. Více kamer dokázalo snímat výrobek v různých pozicích na pásu během jeho cesty strojem.

Stroj na optickou kontrolu kvality měl splnit následující požadavky:

Tabulka 18 Požadavky nového stroje na kontrolu kvality

Požadavek	Výstup
Denní kapacita	22 000 ks
Kapacita za min	45 ks
Typ kontroly	3D optická kontrola se systémem více kamer pro snímání z různých úhlů
Detekce vad	Nedoseknutý/přeseknutý lem, trhliny, poškození deformace, celistvost membrány
Přesnost	< 1 % falešných zmetků
Způsob učení	Vložení databáze fotek historických zmetků, strojové učení s korekcí
Zpětná validace	Obsluha může přehodnotit výstup stroje a software si úpravu zapamatuje
Třídění	Automatické: kvalitní kusy do boxu, nekvalitní do jiného zásobníku
Obsluha	1 operátor a 1 validátor
Cena	3 – 5 mil. Kč
Termín	Do 6 měsíců od data zadání

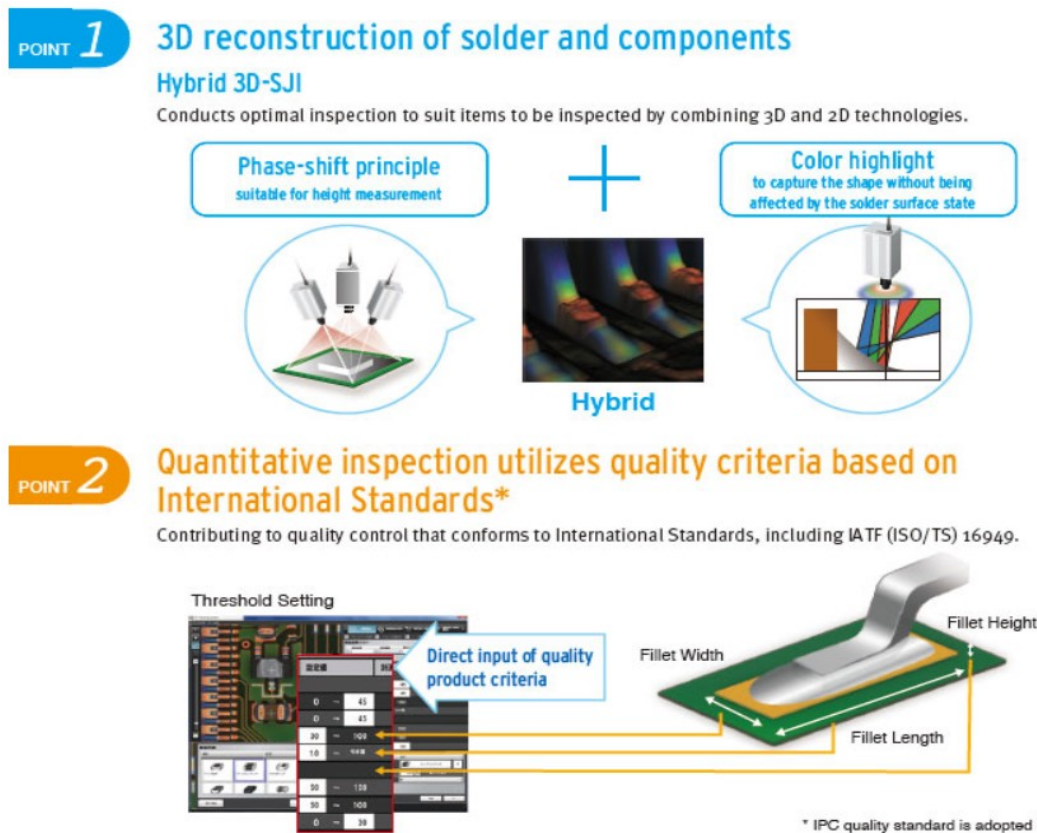
(zdroj: vlastní)

Průzkumem trhu bylo zjištěno, že požadavky splňuje rozsáhlé spektrum výrobců, zásadní rozhodnutí bylo, zda zvolit evropského dodavatele nebo dodavatele z Asie či USA. Asijský dodavatel konkuroval cenou, nevýhodou ale byla dostupnost servisu a flexibilita ve srovnání s evropskými dodavateli. Po důsledné analýze byl doporučen český výrobce, alternativou byl výrobce z Itálie. Benefity tohoto řešení byly:

1. Lokální servisní podpora a komunikace bez jazykové bariéry
2. Flexibilita při implementaci změn
3. Kratší dodací lhůta

Jediným výrazným záporem byla o 0,8 mil Kč vyšší pořizovací cena ve srovnání s nejlevnějším řešením (včetně zahrnutí nákladů na transport ze zahraničí).

Obdobný proces snímání výrobku optickým systémem pomocí kamer z několika úhlů:

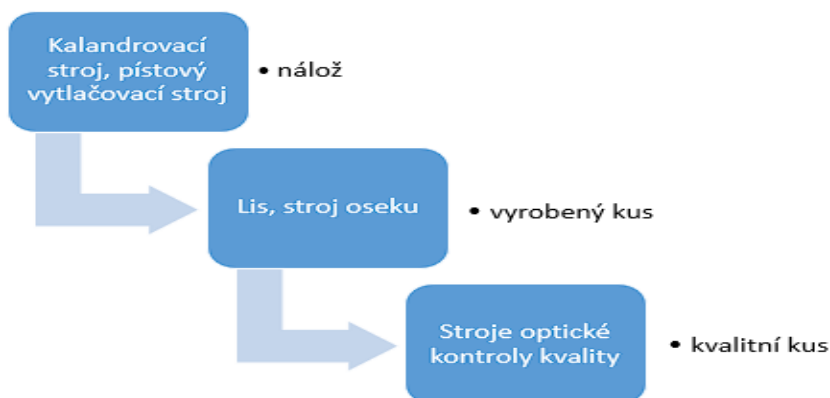


Obrázek 34 Zobrazení optické kontroly

(Zdroj: Omron, ©2007-2025)

12.3.2 Implementace stroje do procesu

Zařízení navazovalo na výstup z druhého pracoviště a doplnilo tak strojové vybavení celého procesu výroby.



Obrázek 35 Strojové vybavení procesu po implementaci

(zdroj: vlastní)

Proces kontroly probíhal tak, že operátor naložil dávku a jednotlivé výrobky byly dopravníkem automaticky vedeny ke kontrole. Na výstupu byly kvalitní kusy třízeny do boxu určeného k expedici a nekvalitní kusy do sběrného boxu určeného k opětovné validaci pracovníkem. Validátor přehodnocoval označené zmetky a trénoval umělou inteligenci stroje – princip strojového učení.



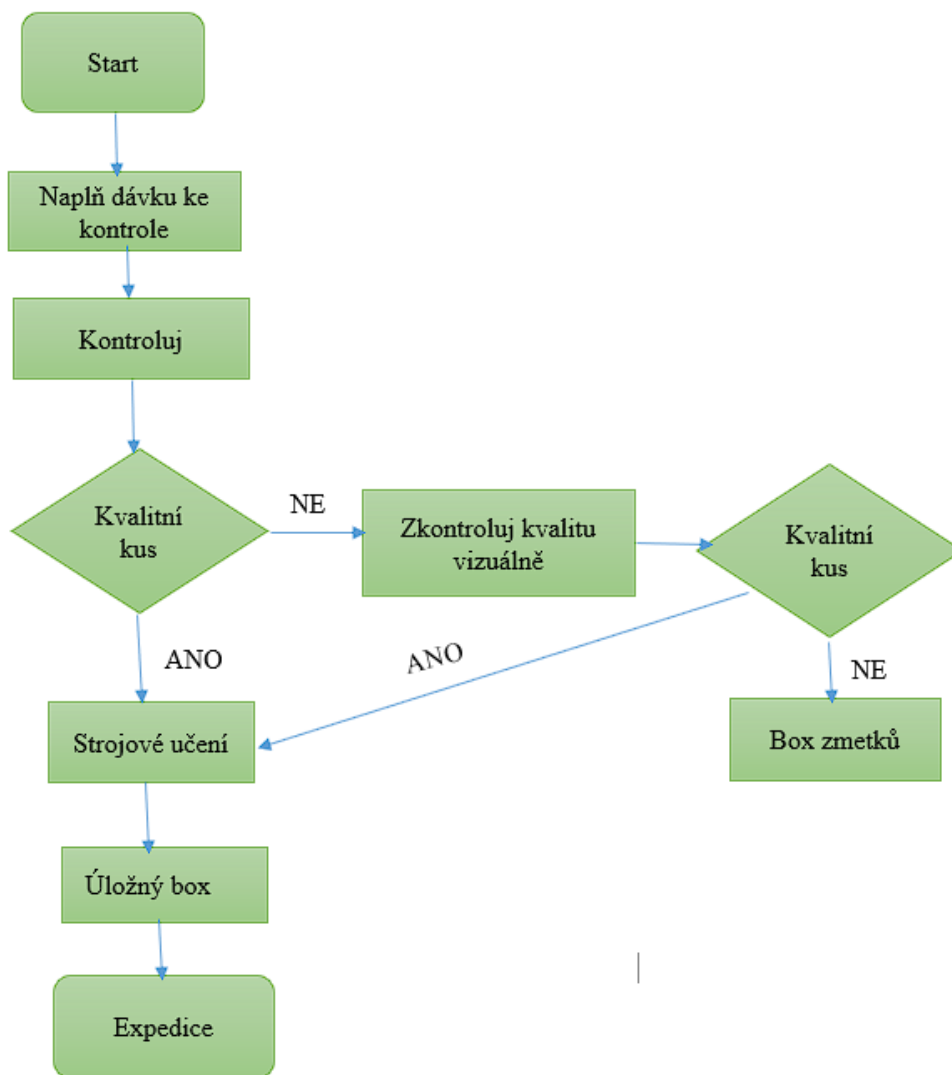
Obrázek 36 Stroj optické kontroly kvality

(Zdroj: Keyetech)

Při zahájení provozu byla záměrně nastavena zvýšená citlivost klasifikačních kritérií, aby se minimalizovalo riziko přehlédnutí nekvalitního výrobku. To vedlo k vysokému počátečnímu podílu falešně negativních hodnocení kolem 8 %. Tento parametr byl však v rámci řízeného tréninku umělé inteligence dále optimalizován s cílem dosáhnout výsledné hodnoty falešné zmetkovitosti pod 1 %, což představoval klasický standard pro pokročilé systémy optické kontroly v průmyslovém inženýrství.

Implementace zařízení přineslo nejen významné zvýšení objektivitu a přesnosti kontroly, ale rovněž výrazné snížení závislosti na lidském faktoru, čímž přispělo k vyšší stabilitě výstupní kontroly kvality.

Vývojový diagram znázorňoval proces kontroly kvality využívající automatickou optickou kontrolu a strojové učení. Celý proces efektivně kombinoval přesnost strojů s lidským faktorem, postupně snižoval vyhodnocení falešné zmetkovitosti, zvyšoval stálost procesu a učil stroj.



Obrázek 37 Vývojový diagram kontroly kvality

(zdroj: vlastní)

12.3.3 Proces strojového učení

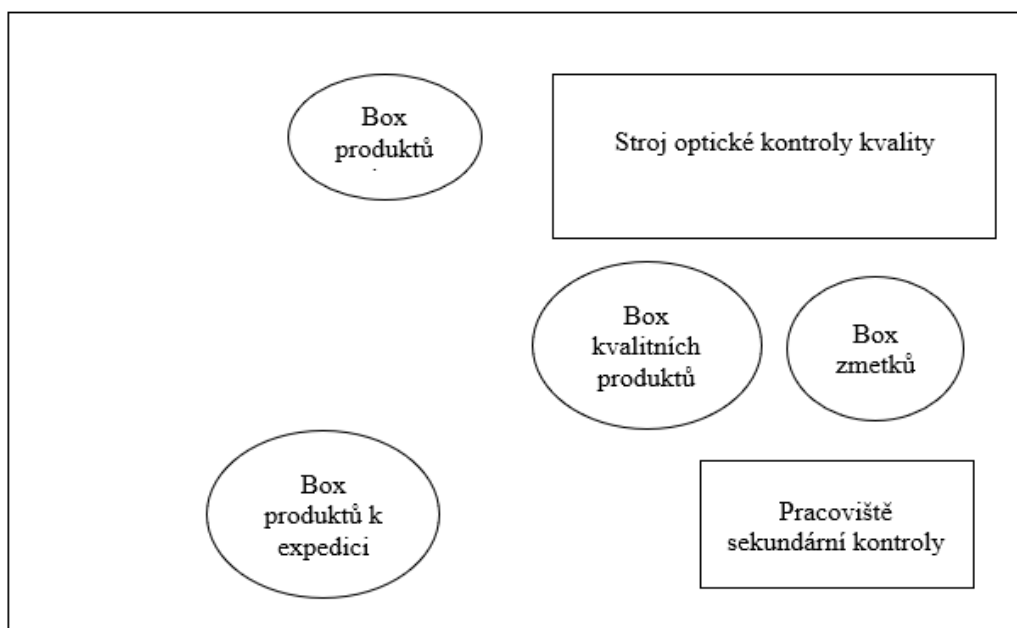
Cílem strojového učení bylo vytrénování modelu na maximální přesnost vyhodnocování zmetkovitosti, adaptace na případné nové vady a změny ve výrobě. Tento proces zahrnoval 3 fáze:

1. Trénování modelu s vložením databáze fotografií zmetků (určení typických znaků nekvality)

2. Aktivace stroje a pilotní provoz (stroj nasazen do reálného provozu s pracovníky)
3. Učení a zpětná vazba (od validátora a průběžná adaptace na nové či méně časté vady)

12.3.4 Layout pracoviště po optimalizaci procesu

Kvůli optimalizaci procesu nebylo třeba vytvářet nové pracoviště. Stroj byl umístěn na místa předešlé kontroly kvality.



Obrázek 38 Návrh layoutu pracoviště po implementaci stroje

(zdroj: vlastní)

Výhodou bylo, že se nemusely hledat nové prostorové kapacity, čímž se plynule a pružně navázalo na tok produktu bez narušení výrobního řetězce. Jeho umístění navíc odpovídalo dostupnosti stávajících pracovníků i blízkosti vedení společnosti. Díky tomu byl zajištěn bezproblémový přístup, rychlá reakční doba na případné odchylky, změny a zachována celková plynulost provozu bez potřeby dodatečných stavebních či organizačních zásahů.

12.4 SWOT analýza projektu

SWOT analýza projektu poskytovala ucelený pohled na hlavní přednosti, slabiny, příležitosti a hrozby související s navrženou optimalizací výrobního procesu a zavedením nových technologií.

Tabulka 19 SWOT analýza projektu

Silné stránky (Strengths)	Slabé stránky (Weaknesses)
Zkrácení procesního času Zvýšení produktivity Zavedení nové technologie Zlepšení layoutu a komfortu pracoviště Přesnější kontrola kvality	Závislost na externím dodavateli Počáteční investice Zaškolení personálu
Příležitosti (Opportunities)	Hrozby (Threats)
Uvolnění kapacity na rozšíření výroby Flexibilita pracovního procesu Digitální zpracování dat Potenciál automatizace dalších procesů Rozšíření AI do dalších činností	Výpadek dodavatele ohrožuje celý proces Nedůvěra zaměstnanců v moderní technologie Riziko chybného vyhodnocování stroje optické kontroly

(zdroj: vlastní)

Mezi silné stránky patřilo zvýšení produktivity a zkrácení procesního času. Příležitosti vznikly mimo jiné v oblasti dalšího využití digitalizace, umělé inteligence a potenciálu dále navázat v této oblasti. Slabé stránky byly prezentovány hlavně v závislosti na spolehlivosti a plnění kvality ze strany dodavatele. Mezi nejvýznamnější hrozby se zařadila organizační rizika v podobě výpadku dodavatele a z řad vlastních pracovníků v obavách a nedůvěře k přijetí nových technologií.

Celkově SWOT analýza ukázala silný potenciál projektu z pohledu technologického i provozního rozvoje, ale jeho úspěšnost závisela na zvládnutí fází přechodu k nové technologii, důsledném řízení v oblasti dodávek a práce s lidskými zdroji.

13 EKONOMICKÁ KRITÉRIA A VYHODNOCENÍ PROJEKTU

Společnost vykazovala dobrou finanční stabilitu, ve svých pasivech měla následující podíl:

- 71 % vlastní zdroje
- 29 % cizí zdroje

Poměr vlastního a cizího kapitálu činil 2,45, firma nebyla závislá na externím financování a měla málo využívaných úvěrů, půjček a závazků k dodavatelům. Navíc vzhledem k tomu, že disponovala nerozděleným ziskem minulých let, tak si mohla dovolit financovat projekt z vlastních zdrojů.

13.1 Odhad nákladů na projekt

Z hlediska návratnosti investic měla firma stanovenou lhůtu na 2 roky. Náklady projektu byly vyčísleny následovně:

Tabulka 20 Odhadované náklady projektu

Položka	Odhadovaná cena (v Kč)
Pořízení stroje na optickou kontrolu	4 500 000
Transport	40 000
Instalace	80 000
Školení operátorů	40 000
Úprava layoutu pracoviště	30 000
Integrace do interního ERP	50 000
Servis a kalibrace	80 000
Odměny projektového týmu	130 000
Celkem	4 950 000

(zdroj: vlastní)

Nejvýraznější položkou byla pořizovací cena stroje ve výši 4,5 mil. Kč. Odměny členů projektového týmu byly kalkulovány tak, že se členové věnovali i dalším pracovním aktivitám, ne pouze projektu.

13.2 Změny v produktivitě

Pro výpočet zisku z navýšené produkce bylo použito následujícího zjednodušení a úvahy. V projektu byl optimalizován proces výroby jednoho produktu, jehož podíl na celkové výrobě střediska činil 40 %. Výrobní procesy ostatních produktů střediska probíhaly téměř identicky co do časů i výrobních nákladů. Pro následující výpočty byla tedy kalkulována výroba jednoho produktu po celý rok vycházející z parametrů výrobku, který byl optimalizován v projektu.

Vzhledem k tomu, že stav pracovníků, kteří participovali na celém výrobním procesu, zůstal stejný z důvodu jejich přesunu na jiné pracoviště, tak i celkové náklady byly přibližně stejné, přičemž mzdové náklady se nezměnily vůbec. Při stejném počtu pracovníků se podařilo zvýšit výrobu o 6000 ks za den. Nebyly započítány vyšší provozní náklady (energetická spotřeba a údržba) na pracovišti výroby vlastního produktu, kde v novém modelu pracovaly 3 lisovací stroje navíc a byl tak proveden následující výpočet produktivity:

1. Původní stav denní produkce:

- Produkce: 16 000 ks
- Počet pracovníků: 16
- Produktivita pracovníků: $16\,000/16 = 1000$ ks/den

2. Finální stav denní produkce:

- ✓ Produkce: 22 000 Kč
- ✓ Počet pracovníků: 16
- ✓ Produktivita pracovníků: $22\,000/16 = 1375$ ks/den

Uvedenou optimalizací došlo k navýšení produktivity pracovníků o 37,5 % díky přerozdělení a automatizaci výrobního procesu.

13.3 Návratnost investice

Pro přesnější výpočet návratnosti investice bylo nutné zohlednit faktor, který v předchozích výpočtech nebyl uvažován, neboť neměl přímý dopad na analýzu jednotlivých dílčích parametrů a výpočtů. V dosavadních kalkulacích bylo pracováno s denní produkcí ve výši 16 000 výstupních kusů, což odpovídá výstupnímu objemu prvního pracoviště, a která je

dosažitelná v případě plynulé a hladké výroby bez produkce zmetků, výpadků strojů, údržby a dalších faktorů ovlivňujících plynulost a kvalitu výroby.

Ve skutečnosti byla dlouhodobě průměrná denní produkce finálních kvalitních výrobků nižší, a to 15 280 kusů, což odpovídá 1 910 kusům na jedno pracoviště po závěrečné kontrole kvality. Tento reálný výstup je proto nezbytné zohlednit při ekonomickém hodnocení efektivity investice, aby odpovídal skutečnému výkonu výrobního systému.

Společnost z každého kusu kvalitního produktu realizuje čistý zisk 1,7 Kč za kus. Při počtu 250 pracovních dnů v roce byl navýšením výroby o 5 730 kusů za den realizován dodatečný roční zisk:

- 3 pracoviště navíc s denní produkcí kvalitních kusů 1910 kusů = 5 730 ks/den
- Dodatečný roční zisk: $250 \times 5730 \times 1,7 = 2\,435\,250$ Kč.

Pro výpočet návratnosti investice byl použit parametr ROI. Jako vstupní data byla zadána hodnota ročního přínosu a nákladů na projekt.

- Roční přínos: 2 435 250 Kč
- Náklady na projekt: 4 950 000 Kč
- ❖ $ROI = (2\,435\,250 / 4\,950\,000) \times 100 = 49,1 \%$

Za jeden rok se tedy navrátilo 49,1 % vložených nákladů a za přibližně 2 roky byla celá investice zpět a poté generovala už jen čistý zisk. Uvedené odpovídalo i firemním kritériím, kdy firma požadovala návratnost investice do 2 let.

ZÁVĚR

Cílem a tématem diplomové práce bylo optimalizovat výrobu vybraného produktu. V této kapitole jsme se zaměřili na vyhodnocení dosažených výsledků a splnění či nesplnění stanovených cílů. Hlavním cílem bylo navýšit denní produkci ze stávajících 16 000 ks na cílových 22 000 ks a zároveň implementovat automatizované moderní technologie.

V první teoretické části byl vypracován základ pro navazující praktickou část. Metodami průmyslového inženýrství byl v praktické části analyzován současný stav výroby pryžové membrány. Analýza podrobně zhodnotila tři klíčová pracoviště výrobního toku. Těmito pracovišti byla pracoviště přípravy vstupního materiálu, pracoviště vlastní výroby produktu a pracoviště kontroly kvality. Procesní analýzou, výpočty časových fondů, návrhy layoutů byla identifikována místa s potenciálem pro optimalizaci a zvýšení denní produkce.

Projektová část definovala základní parametry projektu a z výsledků analýz byla navržena postupná řešení optimalizace. Tato řešení zahrnovala outsourcing přípravy vstupní suroviny, čímž došlo ke zkrácení procesního času, uvolnění prostoru na pracovišti a zvýšení výrobní kapacity. Další optimalizací došlo k implementaci zařízení pro optickou kontrolu kvality využívající umělou inteligenci a principy strojového učení společně s přesunem pracovníků mezi úseky, aniž by bylo nutné zvyšovat počet zaměstnanců. Uvedenými kroky se povedlo splnit hlavní i dílčí cíl. Hlavní cíl by bylo možné splnit i bez zavedení stroje, ale toto řešení by postrádalo principy moderních aspektů průmyslového inženýrství a v dlouhodobém horizontu by se projevila i jeho ekonomická nevýhodnost.

V závěru projektu byly vyčísleny celkové náklady na projekt a jeho uvedení do finální funkční podoby. Projekt byl financován z vlastních prostředků společnosti. Na základě výpočtů úspor provozu a zvýšené produktivity byla návratnost investice stanovena na 2 roky.

Tato práce ukázala jak lze pomocí cílených metod průmyslového inženýrství, digitalizace a reorganizace práce dosáhnout efektivních výsledků. Navíc otevřela společnosti další možnosti rozšíření výroby a užití nejnovějších technologií, které by potencionálně mohla implementovat do dalších fází procesu výroby.

Děkuji společnosti, že mně umožnila detailně sledovat a analyzovat výrobní proces i všem zaměstnancům za spolupráci. Věřím, že navrhovaná řešení měla pro firmu přínos a vyřešila problém s požadavkem na navýšení výroby.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ANANTHASWAMY, Anil, 2024. *Proč se stroje učí: elegantní matematika, na které je založena AI*. Spektrum. V Praze: Vyšehrad. ISBN 978-80-267-3052-1.

Automatic label detection machine, b. r.. Online. In: Keyetech. Dostupné z: <http://eng.keyetech.com/productinfo/697150.html>. [cit. 2025-04-23].

BOCKOVA, Katerina a LAJCIN, Daniel, 2018. RIPRAN – one of the best project risk analysis methodologies. Online. *Managerial Economics*. Roč. 19, č. 1. ISSN 1898-1143. Dostupné z: <https://doi.org/10.7494/manage.2018.19.1.7>. [cit. 2025-04-22].

BRAU, Sebastian J., [2016]. *Lean manufacturing 4.0: the technological evolution of lean : practical guide on the correct use of technology in lean projects Kanban, 5S, TPM, Kaizen, VSM, 6Sigma, SMED OEE, Hoshin Kanri, Gemba, JIT, TPS, PDCA...* Boca Raton: American Lean SD. ISBN 978-1-5393-2294-8.

CAGÁŇOVÁ, Dagmar; CHROMJAKOVÁ, Felicita a ŠUJANOVÁ, Jana, 2020. *Industry 4.0 and circular economy*. Zlín: Tomas Bata University in Zlín. ISBN 978-80-7454-969-4.

DELGADO SOBRINO, Daynier Rolando, 2016. *Material flow and layout: an integrative analysis*. Vědecké monografie. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. ISBN 978-80-7380-600-2.

DENNIS, Pascal, 2016. *Lean production simplified: a plain-language guide to the world's most powerful production system*. Third edition. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-4987-0887-6.

DEVEZAS, Tessaleno Campos; LEITÃO, João Carlos Correia a SARYGULOV, Askar Islamovič (ed.), [2017]. *Industry 4.0: entrepreneurship and structural change in the new digital landscape*. Studies on entrepreneurship, structural change and industrial dynamics. Cham, Switzerland: Springer. ISBN 978-3-319-84197-7.

Electrode calendering machine, b. r.. Online. In: AceyMachinery. Dostupné z: <https://cz.aceymachinery.com/laboratory-equipment/rolling-press-machine/electrode-calendering-machine.html>. [cit. 2025-04-23].

FENO, Mahenina R. a SAVESCU, Adriana, 2024. Safe workplace layout design by joint analysis of workers and material flows. Online. *Procedia Computer Science*. Roč. 232, s. 3074-3082. ISSN 18770509. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.02.123>. [cit. 2025-04-22].

FOTR, Jiří a HNILICA, Jiří, 2014. *Aplikovaná analýza rizika ve finančním managementu a investičním rozhodování*. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Expert. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-5104-7.

FOTR, Jiří; SOUČEK, Ivan; VACÍK, Emil; ŠPAČEK, Miroslav a HÁJEK, Stanislav, 2020. *Tvorba strategie a strategické plánování: Teorie a praxe - 2., aktualizované a doplněné vydání*. Grada. ISBN 978-80-271-1632-4. Dostupné také z: <https://www.bookport.cz/kniha/tvorba-strategie-a-strategicke-planovani-6832/>.

HRUŠECKÁ, Denisa; HRBÁČKOVÁ, Lucie a CHROMJAKOVÁ, Felicita, 2024. *Plánování a řízení výroby: prediktivní analýza a rozvrhování*. Pořadí vydání: první. [Zlín]: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta managementu a ekonomiky. ISBN 978-80-7678-289-1.

CHO, Woon Hyung; SHIN, Jiseon; KIM, Young Duck a JUNG, George J, 2022. Pixel-wise classification in graphene-detection with tree-based machine learning algorithms. Online. *Machine Learning: Science and Technology*. 2022-12-22, roč. 3, č. 4. ISSN 2632-2153. Dostupné z: <https://doi.org/10.1088/2632-2153/aca744>. [cit. 2025-04-20].

CHROMJAKOVÁ, Felicita, 2013. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štihlým řízením procesů*. Žilina: Georg. ISBN 978-80-8154-058-5.

CHROMJAKOVÁ, Felicita, 2015. *Zvyšování výkonnosti výrobních a administrativních procesů*. Žilina: Georg. ISBN 978-80-8154-122-3.

CHROMJAKOVÁ, Felicita; TUČEK, David a BOBÁK, Roman, 2017. *Projektování výrobních procesů pro Průmysl 4.0*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 978-80-7454-680-8.

Investopedia, b. r.. Online. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/o/outsourcing.asp>. [cit. 2025-04-24].

JUROVÁ, Marie, 2016. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Expert. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-5717-9.

KEŘKOVSKÝ, Miloslav a VALSA, Ondřej, 2012. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3. dopl. vyd. C.H. Beck pro praxi. V Praze: C.H. Beck. ISBN 978-80-7179-319-9.

Lean tools in manufacturing, b. r.. Online. In: Techqualitypedia. Dostupné z: <https://techqualitypedia.com/lean-tools/>. [cit. 2025-04-23].

MÁCHAL, Pavel; KOPEČKOVÁ, Martina a PRESOVÁ, Radmila, 2015. *Světové standardy projektového řízení: pro malé a střední firmy : IPMA, PMI, PRINCE2*. Manažer. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-5321-8.

MAYNARD, Harold B., BINANDA, Bopaya (ed.), [2023]. *Maynard's industrial and systems engineering handbook*. Sixth edition. New York: McGraw Hill. ISBN 978-1-260-46156-5.

Membrána, b. r.. Online. In: G-Flex. Dostupné z: <http://g-flex.eu/cs/home/#produkty>. [cit. 2025-04-23].

Omron Hybrid 3D-SJI, © 2007-2025. Online. In: Omron. Dostupné z: <https://www.ia.omron.com/products/family/3390/>. [cit. 2025-04-23].

Optimalizace výrobní linky, © 2005-2025. Online. In: Akademie produktivity a inovací. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25931n-optimalizace-vyrobni-linky-v-bos-automotive-products-cz-s.r.o>. [cit. 2025-04-23].

PANG, Yingying; ZHANG, Shishu a XIN JIANG, Albert, 2021. Outsourcing: Overview and Trends. Online. In: FRANCO, Mário (ed.). *Outsourcing and Offshoring*. IntechOpen. ISBN 978-1-83968-469-2. Dostupné z: <https://doi.org/10.5772/intechopen.98333>. [cit. 2025-04-24].

PATEL, Suresh, [2016]. *The global quality management system: improvement through systems thinking*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-4987-3980-1.

Produkční proces, © 2011-2016. Online. In: ManagementMania. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/produkni-proces>. [cit. 2025-04-23].

Průmysl 4.0, © 2024. Online. In: Lean Industry. Dostupné z: <https://www.leanindustry.cz/prumysl-4-0/>. [cit. 2025-04-23].

Průmyslové inženýrství (PI), © 2022. Online. In: Institut Průmyslového Inženýrství. Dostupné z: <https://www.ipi-institut.cz/profil.php>. [cit. 2025-04-23].

PUYT, Richard W.; LIE, Finn Birger a WILDEROM, Celeste P.M., 2023. The origins of SWOT analysis. Online. *Long Range Planning*. Roč. 56, č. 3. ISSN 00246301. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2023.102304>. [cit. 2025-04-22].

RIPRAN - Metoda pro analýzu projektových rizik, b. r. Online. Dostupné z: <https://ripran.cz/>. [cit. 2025-04-22].

SAAD, Syed; AMMAD, Syed a RASHEED, Kumeel (ed.), 2025. *AI in material science: revolutionizing construction in the age of industry 4.0*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-032-56932-1.

Smart Rubber Performer, © 2024. Online. In: Barwell. Dostupné z: <https://barwell.com/products/gear-pump/>. [cit. 2025-04-23].

SUBBIAH, Raj, [2022]. *Application of digitalization principles in engineering and science*. [Spojené státy americké?]: Outskirts Press. ISBN 978-1-9772-5233-3.

XU, Xun; LU, Yuqian; VOGEL-HEUSER, Birgit a WANG, Lihui, 2021. Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. Online. *Journal of Manufacturing Systems*. Roč. 61, s. 530-535. ISSN 02786125. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>. [cit. 2025-04-22].

YANG, Fu-Sheng; HO, Chao-Ching a CHEN, Liang-Chia, 2021. Automated Optical Inspection System for O-Ring Based on Photometric Stereo and Machine Vision. Online. *Applied Sciences*. Roč. 11, č. 6. ISSN 2076-3417. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app11062601>. [cit. 2025-04-20].

ZHOU, Zhi-Hua, [2021]. *Machine learning*. Singapore: Springer. ISBN 978-981-15-1966-6.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Průmyslové inženýrství	16
Obrázek 2 Trojdimenzionální rozměr průmyslového inženýrství	17
Obrázek 3 Komponenty datové analýzy tradičního výrobního konceptu plánování a rozvrhování výroby	19
Obrázek 4 Procesy dodání produktu vyrobeného na základě poptávky	20
Obrázek 5 Schéma produkčního procesu.....	21
Obrázek 6 Nástroje štíhlé výroby	23
Obrázek 7 Koncept štíhlé logistiky.....	26
Obrázek 8 Příklad Layoutu pracoviště.....	27
Obrázek 9 Vývoj průmyslových revolucí	29
Obrázek 10 Prvky Průmyslu 4.0	30
Obrázek 11 Strojové učení vs. Tradiční programování	33
Obrázek 12 Faktory ovlivňující výsledky projektu	37
Obrázek 13 SWOT analýza ve formulaci strategického záměru	38
Obrázek 14 SOTF přístup k plánování	39
Obrázek 15 Organizační struktura společnosti	43
Obrázek 16 Pryžotextilní membrána	45
Obrázek 17 BCG matice modifikovaná dle Valenty	46
Obrázek 18 Základní schéma výrobního procesu	48
Obrázek 19 Kalandrovací stroj	49
Obrázek 20 Pístový vytlačovací stroj	49
Obrázek 21 Zjednodušené schéma výrobního cyklu na pracovišti.....	52
Obrázek 22 Příklad lupy pro optickou kontrolu	54
Obrázek 23 Schéma výrobního procesu nálože	57
Obrázek 24 Layout pracoviště přípravy náloží	59
Obrázek 25 Přehled pracovní doby operátora na pracovišti výroby	61
Obrázek 26 Layout pracoviště výrobní buňky operátora výroby produktu.....	62
Obrázek 27 Layout jednoho pracoviště kontroly kvality.....	63
Obrázek 28 Grafické srovnání nákladovosti jednotlivých variant.....	76
Obrázek 29 Design výrobního procesu po optimalizaci	77
Obrázek 30 Layout pracoviště po optimalizaci	78
Obrázek 31 Alokace pracovníků před optimalizací.....	80
Obrázek 32 Alokace pracovníků po optimalizaci	80
Obrázek 33 Ishikawa diagram znázorňující příčiny vedoucí ke vzniku zmetku	81

Obrázek 34 Zobrazení optické kontroly.....	84
Obrázek 35 Strojové vybavení procesu po implementaci.....	84
Obrázek 36 Stroj optické kontroly kvality	85
Obrázek 37 Vývojový diagram kontroly kvality	86
Obrázek 38 Návrh layoutu pracoviště po implementaci stroje	87

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Průměrný počet zaměstnanců během let 2020-2024	44
Tabulka 2 Příklad rozpisu směn na pracovišti	50
Tabulka 3 Příklad receptury vybraných membrán.....	50
Tabulka 4 Posloupnost operací výroby vlastního produktu.....	51
Tabulka 5 Karta denního výkonu.....	53
Tabulka 6 Typy interně definovaných zkoušek	55
Tabulka 7 Procesní časy operací výroby jedné dávky náloží	58
Tabulka 8 Procesní časy operací jedné dávky výroby produktu	60
Tabulka 9 Hlavní cíl projektu dle metody SMART	65
Tabulka 10 Projektový list.....	66
Tabulka 11 Časový harmonogramu projektu.....	68
Tabulka 12 RIPRAN analýza	69
Tabulka 13 Kapacitní problém pracoviště přípravy vstupního materiálu.....	72
Tabulka 14 Přijetí 1 pracovníka.....	73
Tabulka 15 Přijetí 2 pracovníků.....	73
Tabulka 16 Outsourcing.....	75
Tabulka 17 Nákladová porovnání řešení	75
Tabulka 18 Požadavky nového stroje na kontrolu kvality.....	83
Tabulka 19 SWOT analýza projektu	88
Tabulka 20 Odhadované náklady projektu	89

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AI	Artificial Intelligence
IoT	Internet of Things
ML	Machine Learning
TPS	Toyota Production System
TPM	Total Productive Maintenance
ERP	Enterprise Resource Planning
FMS	Flexible Manufacturing System
IMS	Intelligent Manufacturing System
JIT	Just-in-Time
VSM	Value Stream Mapping
SMED	Single Minute Exchange of Die
OEE	Overall Equipment Effectiveness
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
PDM	Predictive Maintenance

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Matice odpovědnosti (RASCI)

PŘÍLOHA P I: MATICE ODPOVĚDNOSTI (RASCI)

Aktivita/Funkce	Ředitel výroby	Mistr výroby	Diplomant	Technolog	Vedoucí kvality	Operátor	
Analyzá procesu	S	C	R	C	C	S	R = Responsible
Návrh optimalizace	S	C	R	C	C	I	A = Accountable
Výběř dodavatele	A/R	C	C	C	C	I	S = Support
Instalace	I	C	C	S	S	I	C = Consulted
Testování	I	A	S	C	C	R	I = Informed
Odstranění chyb	I	R	S	S	R	C	
Kontrola	I	R	S	S	R	C	
Školení personálu	I	I	S	I	A	R	
Pilotní provoz	I	C	C	C	C	R	
Vyhodnocení	A	C	R	C	C	S	