

Projekt optimalizace výrobního procesu piezo rezistorů ve společnosti Epcos, s. r. o.

Bc. Pavel Stejskal

Diplomová práce
2012



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: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Pavel STEJSKAL
Osobní číslo: M10456
Studijní program: N6208 Ekonomika a management
Studijní obor: Průmyslové inženýrství

Téma práce: Projekt optimalizace výrobního procesu piezo rezistorů ve společnosti Epcos, s. r. o.

Zásady pro vypracování:

Úvod

I. Teoretická část

- Zpracujte literární rešerši z dané oblasti a formulujte teoretická východiska pro zpracování praktické části.

II. Praktická část

- Provedte analýzu současného stavu výrobního procesu piezo rezistorů ve společnosti Epcos, s. r. o.
- Zhodnoťte výsledky analýzy a formulujte závěry pro návrh zlepšení.
- Vypracujte návrh zlepšení současného stavu výroby piezo rezistorů s důrazem na zvýšení efektivity.
- Zhodnoťte přínosy navrhovaného řešení.

Závěr

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

Seznam odborné literatury:

MAŠÍN, I., VYTLAČIL, M. Cesty k vyšší produktivitě. Strategie založená na průmyslovém inženýrství. 1. vyd. Liberec: Institutu průmyslového inženýrství, 1996. 253 s. ISBN 80-902235-0-8.

ROTHER M., SHOOK J. Learning to see: Value-streammapping, 1st edition. Massachusetts: Brookline, LeanEnterprise institute, 1999. 99 s. ISBN 0966784308.

IMAI, M. Kaizen: metoda, jak zavést úspěšnější a flexibilnější výrobu v podniku. Brno: Computer Press, 2004. 272 s. ISBN 8025104613.

LEE, Q., SNYDER, B. Value Stream and Process Mapping: The Strategos Guide to. New York: Enna Inc., 2007. 163 s. ISBN 1897363435, ISBN-13: 987-1897363430.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Michaela Hájková
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů
Datum zadání diplomové práce: 18. června 2012
Termín odevzdání diplomové práce: 13. srpna 2012

Ve Zlíně dne 18. června 2012

prof. Dr. Ing. Drahomíra Pavelková
děkanka



prof. Ing. Felicita Chromjaková, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- odevzdáním bakalářské/diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹;
- bakalářská/diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému,
- na mou bakalářskou/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. 3²;
- podle § 60³ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;

¹ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47b Zveřejňování závěrečných prací:

- (1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.
- (2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.
- (3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

² 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, § 35 odst. 3:

- (3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³ 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, § 60 Školní dílo:

- (1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

- podle § 60⁴ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou/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 bakalářské/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 bakalářské/diplomové práce využít ke komerčním účelům.

Prohlašuji, že:

- jsem bakalářskou/diplomovou práci zpracoval/a samostatně a použité informační zdroje jsem citoval/a;
- odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 3. 8. 2012



⁴ 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, § 60 Školní dílo:

- (2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.
- (3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá optimalizací výrobního procesu piezo rezistorů ve společnosti Epcos, s. r. o. Cílem teoretické části diplomové práce je zpracovat teoretické poznatky z oblasti štihle výroby, mapování procesů, mapování hodnotových toků a simultánního inženýrství a stanovit teoretická východiska pro zpracování praktické části diplomové práce. Cílem praktické části diplomové práce je vypracovat analýzu zaměřenou na mapování současného stavu výrobního procesu, nalézt úzká místa, zhodnotit současný stav výrobního procesu, vypracovat návrhy optimalizace úzkých míst a zhodnotit jejich přínos.

Klíčová slova: Optimalizace, mapování procesů, procesní analýza, value stream mapping, layout, ergonomie, CAD.

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the optimization process of piezo resistors at Epcos, Ltd. The theoretical part is to prepare a theoretical knowledge of lean manufacturing, process mapping, mapping value streams and simultaneous engineering and provide a theoretical basis for the practical part of the thesis. The practical part of this thesis is an analysis aimed at mapping the current state of the manufacturing process, finding bottlenecks, evaluate the current state of the process to develop proposals for optimizing bottlenecks and assess their contribution.

Keywords: Optimization, process mapping, process analysis, value stream mapping, layout, ergonomics, CAD.

Prostřednictvím této stránky bych chtěl poděkovat vedoucí své diplomové práce Ing. Michaele Hájkové za její připomínky, rady a odbornou pomoc, kterou mi věnovala při vypracování mé diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat vedoucímu oddělení průmyslového inženýrství Ing. Miroslavu Plánkovi ve společnosti Epcos, s. r. o. za poskytnutí nezbytných údajů, informací a také praktických rad pro zpracování této diplomové práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 ŠTÍHLÁ VÝROBA	12
1.1 KAIZEN	12
1.1.1 Poka-Yoke.....	13
1.1.2 Systém Just-in-time.....	14
2 MAPOVÁNÍ PROCESŮ	16
2.1 TECHNIKA MAPOVÁNÍ PROCESŮ	16
2.2 PROCESNÍ SYMBOLY	16
2.3 PROCESNÍ MAPA	17
3 MAPOVÁNÍ HODNOTOVÉHO TOKU	19
3.1 MANAGEMENT HODNOTOVÉHO TOKU	19
3.1.1 Hodnota a hodnotový tok	19
3.1.2 Plýtvání	20
3.2 MAPA HODNOTOVÉHO TOKU	22
3.2.1 Symboly VSM.....	22
3.2.2 Mapa současného stavu.....	25
3.2.3 Mapa budoucího stavu	27
3.2.4 Štíhlý hodnotový tok.....	28
3.2.5 Takt time	28
4 SIMULTÁNNÍ INŽENÝRSTVÍ	30
4.1 POČÍTAČOVÁ PODPORA	30
4.2 COMPUTER AIDED DESIGN CAD.....	31
4.3 WITNESS.....	32
II PRAKTICKÁ ČÁST	33
5 PROFIL SPOLEČNOSTI	34
5.1 CHARAKTERISTIKA SPOLEČNOSTI.....	34
5.2 HISTORIE SPOLEČNOSTI.....	34
5.3 VIZE, CÍLE A STRATEGIE SPOLEČNOSTI	35
5.4 EKONOMICKÉ UKAZATELE	36
5.5 DIVIZE PTC.....	37
5.5.1 Produkty divize PTC	37
6 VYMEZENÍ PROJEKTU OPTIMALIZACE	39
6.1 DEFINOVÁNÍ PROJEKTU	39
6.2 CÍLE PROJEKTU.....	39
6.3 OMEZENÍ PROJEKTU	39
6.4 ČASOVÝ HARMONOGRAM PROJEKTU	40
7 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	41
7.1 POPIS VÝROBKU	41
7.2 TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY.....	42
7.2.1 Lisování.....	42

7.2.2	Slinování	42
7.2.3	Lapování.....	43
7.2.4	Metalizace	43
7.2.5	Výpal po metalizaci.....	43
7.2.6	Pólování.....	44
7.2.7	RK - Kontrola I	44
7.2.8	RK - Kontrola II	44
7.2.9	Optická kontrola.....	44
7.3	MAPOVÁNÍ PROCESŮ	45
7.3.1	Procesní analýza.....	45
7.3.2	Mapování hodnotového toku (VSM)	47
7.3.2.1	Mapa současného stavu	47
7.3.3	Výběr pracovišť k optimalizaci.....	48
7.4	ANALÝZA VYBRANÝCH PRACOVIŠŤ.....	49
7.4.1	Analýza pracoviště lapovna	49
7.4.1.1	Prostorové rozložení pracoviště.....	50
7.4.1.2	Analýza činnosti pracovníka.....	51
7.4.1.3	Vyhodnocení současného stavu a příležitosti k optimalizaci	54
7.4.2	Analýza pracoviště výpal po metalizaci.....	55
7.4.2.1	Analýza činnosti pracovníka.....	55
7.4.2.2	Prostorové rozložení pracoviště.....	57
7.4.2.3	Ergonomické podmínky pracoviště	58
7.4.2.4	Vyhodnocení současného stavu a příležitosti k optimalizaci	59
8	NÁVRHY OPTIMALIZACE.....	60
8.1	OPTIMALIZACE PRACOVIŠTĚ LAPOVNA.....	60
8.1.1	Konstrukce nových pracovních pomůcek	60
8.1.1.1	Sestava pracovních pomůcek.....	61
8.1.1.2	Pomocné mezípatro.....	62
8.1.1.3	Nosná lopatka	63
8.1.1.4	Šablona pro natřepávání.....	63
8.1.1.5	Sušička	64
8.1.2	Návrh nového technologického postupu.....	64
8.1.3	Návrh nového layoutu	67
8.2	OPTIMALIZACE PRACOVIŠTĚ VÝPAL PO METALIZACI	69
8.2.1	Návrh nového layoutu	69
8.2.2	Návrh ergonomických opatření.....	71
8.3	MAPOVÁNÍ HODNOTOVÉHO TOKU (VSM)	72
8.3.1	Mapa nového stavu	72
9	VYHODNOCENÍ PŘÍNOSŮ OPTIMALIZACE	74
	ZÁVĚR	76
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	77
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	79
	SEZNAM OBRÁZKŮ	80
	SEZNAM TABULEK.....	82
	SEZNAM PŘÍLOH.....	83

ÚVOD

Všichni inženýři pracují na plánování, projektování, realizaci a kontrole systémů, které představují způsob, jakým lidé používají technologii. Systémy, které jsou předmětem průmyslového inženýrství, jsou široké a vyznačují se potřebou integrovat fyzické a rozhodovací schopnosti člověka spolu se všemi dalšími aspekty návrhu systému. Problémy sahající od návrhu pracovního postupu a pracoviště, k návrhu na uspořádání závodu a řízení materiálových toků na podlaze výrobní haly, až k návrhu celkového podnikového plánu, který zahrnuje zadávání veřejných zakázek, výrobu, zásoby a distribuci. Myšlenky štíhlé výroby lze aplikovat na systémy zdravotní péče, městské systémy, dopravní systémy, ve skutečnosti všechny systémy, které jsou nezbytné pro fungování moderní společnosti. Systémy, které usnadňují efektivní rozhodování a realizaci v oblastech, jako je plánování, inventarizace a kontrola kvality jsou typické pro průmyslové inženýrství. (Dalhausie University, 2010)

Důvodem výběru tématu optimalizace výrobního procesu byla možnost rozšíření svých praktických dovedností a znalostí v oblasti průmyslového inženýrství. Společnost Epcos, s. r. o. jsem si zvolil ke zpracování své diplomové práce, jelikož jsem zde vykonával svoji odbornou diplomovou praxi.

Tato diplomová práce bude rozdělena do dvou částí a to části teoretické a části praktické.

Teoretická část bude zaměřena zejména na oblasti mapování procesů ve výrobních systémech, stejně jako na mapování hodnotových toků v této oblasti. Dále bude rozšířená o základní poznatky pojmu štíhlé výroby, bez jejíhož porozumění by nebylo možné správně vyhodnotit analýzu výrobního procesu zahrnuté v praktické části diplomové práce. Poslední sekce teoretické části bude věnována simultánnímu inženýrství, které je dnes nedílnou součástí průmyslového inženýrství na všech úrovních.

Cílem praktické části této práce bude kromě úvodního představení společnosti Epcos, s. r. o. seznámení s výrobním procesem, jeho podrobné zmapování za pomoci vybraných metod a výběr pracovišť k optimalizaci. Na vybraných pracovištích bude provedena důkladná analýza a následně stanoveny návrhy k optimalizaci. Závěr praktické části bude vyhrazen pro zhodnocení přínosů navrhovaných optimalizací.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ŠTÍHLÁ VÝROBA

Pojem štíhlá výroba, známí také jako Toyota Production System, představuje myšlenku dělat více za použití méně. Méně času, méně místa, méně lidského úsilí, méně strojů, méně materiálu a přesto poskytnout zákazníkovi vše co vyžaduje. (Pascal, 2002, s. 13)

Přestože základy štíhlé výroby mají kořeny ve výrobním prostředí, dají se využít ve všech oblastech a označit za univerzální.

Společnosti obvykle stanovovali ceny na základě následující, níže uvedené rovnice.

$$\text{Náklady} + \text{Marže} = \text{Cena}$$

Tato rovnice je dnes považována za minulost a současná, pozměněná podoba rovnice je následující.

$$\text{Cena} - \text{Náklady} = \text{Marže}$$

V současné době, kdy je zákazník velice dobře informován o nabízeném produktu a má možnost výběru dodavatele, požaduje nejvyšší kvalitu za přijatelnou cenu. V takovémto prostředí konkurence je jediný způsob jak dosáhnout větších zisků snížení nákladů. To však nesmí být doprovázeno odstraňováním členů týmu, nebo oslabování společnosti v dlouhodobém měřítku. Ve skutečnosti, jedinou cestou jak snížit náklady bez zbytečných obětí je zapojit všechny členy týmu do zlepšení stávajícího stavu. (Pascal, 2002, s. 14)

Pojem štíhlá výroba je velice široký a proto následující kapitoly představují jednotlivé metodiky spadající do konceptu štíhlého myšlení.

1.1 KAIZEN

Podstatou slova KAIZEN je myšlenka neustálého zlepšování a zdokonalování ve všech oblastech profesního i soukromého života. Pojem KAIZEN se svými základy v Japonsku odráží způsob tamního myšlení a zastřešuje všechny následující pojmy: (Lee, 2007, s. 24)

- Orientace na zákazníky
- Absolutní kontrola kvality
- Robotika
- Kroužky kontroly kvality
- Systém zlepšovacích návrhů
- Automatizace
- Disciplína na pracovišti
- Absolutní údržba výrobních prostředků
- Kanban
- Zdokonalování kvality
- Just-in-time

Následující tabulka představuje KAIZEN pomocí srovnání s inovacemi. (Lee, 2007, s. 24)

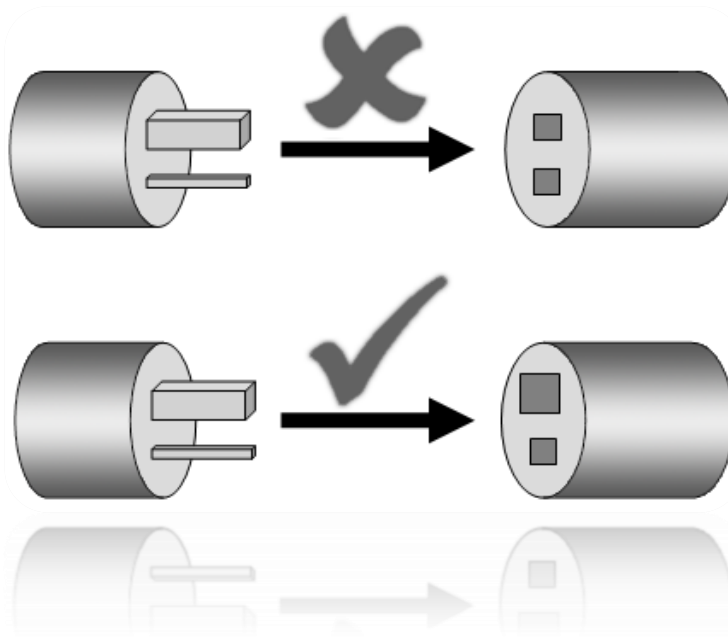
Tabulka 1: Srovnání pojmů KAIZEN a Inovace. (Vlastní)

	KAIZEN	Inovace
1. Účinek	Dlouhodobý a dlouho trvající, ale nedrastický	Krátkodobý, ale dramatický
2. Tempo	Malé kroky	Velké kroky
3. Časový rámeček	Kontinuální a přírůstkový	Přerušovaný a nepřírůstkový
4. Změny	Postupné a neustálé	Náhlé a přechodné
5. Účast	Všichni	Několik vybraných „šampionů“
6. Přístup	Kolektivismus, skupinové úsilí, systémový přístup	Drsný individualismus, individuální nápady a úsilí
7. Typ změny	Udržování a zdokonalování	Přestavba od základů
8. Impuls	Konvenční know-how	Technologické průlomky, nové vynálezy, nové teorie
9. Praktické požadavky	Minimální investice, ale velké úsilí na udržení	Vysoké investice, ale málo úsilí na udržení
10. Zaměření úsilí	Lidé	Technologie
11. Kritéria hodnocení	Procesy a úsilí o dosažení lepších výsledků	Výsledky a zisk
12. Výhody	Funguje dobře v pomalu rostoucí ekonomice	Vhodnější pro rychle rostoucí ekonomiku

1.1.1 Poka-Yoke

Vzhledem k velkému množství operací, pracovišť a pracovníků v jednotlivých podnicích, existuje také velká procentuální šance, že bude docházet k chybám ať už neúmyslným, nebo dokonce úmyslným. Výsledkem těchto chyb je plýtvání v podobě finančních ztrát, zmetků, nebo nekvalitní produkce. Tyto a jiné problémy ve výrobě řeší metoda fyzických úprav Poka-Yoke, která má za úkol zabránit zbytečným pochybením. Vyhledává možnou lidskou chybu, zastavuje proces a umožňuje pracovníkovi chybu napravit. Příkladem systému Poka-Yoke je například úprava dvou na sebe se napojujících dílů výrobku tak, aby bylo možné je zapojit pouze jedním, namísto více způsobů a tedy nemohl pracovník udělat

chybu v podobě špatného zapojení. Názornou ukázkou představuje následující obrázek. (Mašín, 1996, s. 239)



Obrázek 1: Příklad využití metody Poka-Yoke. (Vlastní)

1.1.2 Systém Just-in-time

Just in time znamená v doslovném překladu z anglického jazyka právě včas. V moderním pojetí je systém Just in time chápán jako komplexní systém vedoucí k úspoře času celého procesu, čímž zajišťuje znatelnou redukci nákladů, zvýšení produktivity práce a další výsledky. Tento systém zajišťuje následující aktivity: (Tomek, 2003, s. 333)

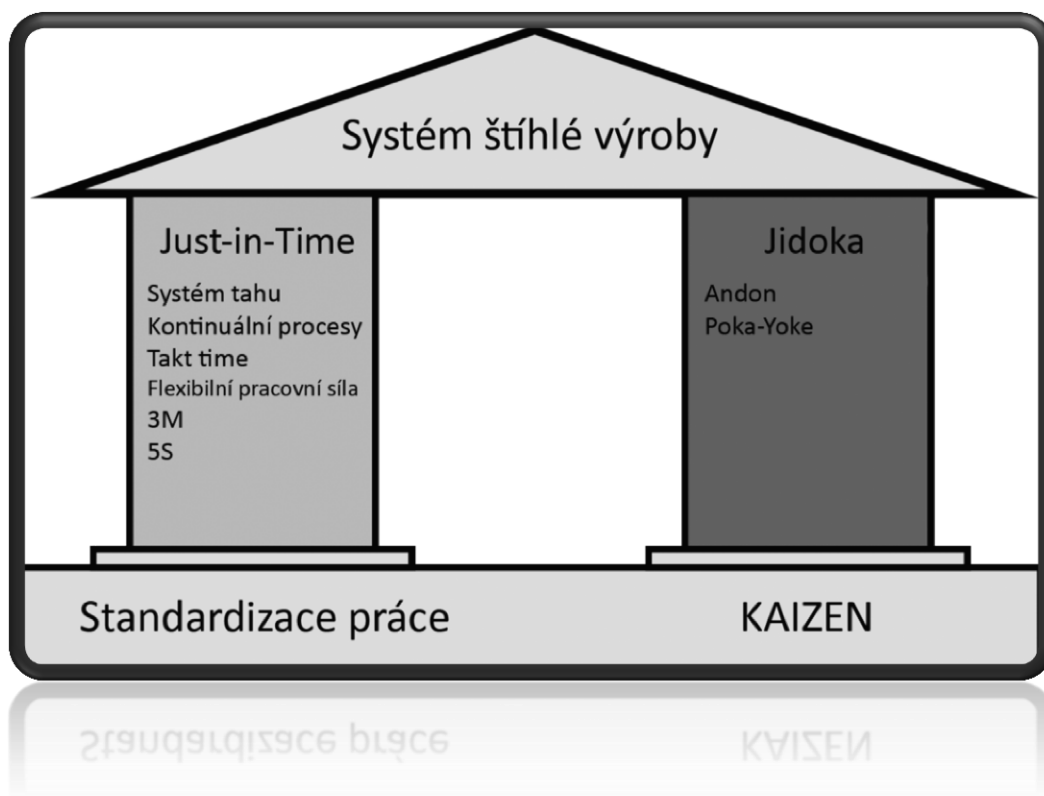
- úspora času při seřizování ve výrobě,
- snížení velikosti dávek,
- snížení dopravních dávek,
- zvýšení variability výroby,
- operativní řešení problémů jakosti,
- optimalizaci materiálových a informačních toků,
- použití metod řízení typu KANBAN.

Zajištěním těchto aktivit získá závod flexibilní výrobu, což povede k: (Tomek, 2003)

- zvýšení rentability,
- zvýšení rychlosti průběhu výrobou a tím zvýšení rychlosti v obratnosti kapitálu,
- snížení zásob,

- snížení nároků na výrobní prostory a další.

Následující obrázek představuje hierarchickou strukturu systému štlhlé výroby a jednotlivých metod. Základy tvoří pojmy KAIZEN a Standardizace práce. Hlavní dva pilíře představují pojmy Jidoka a Just in time. Pod pojem Jidoka spadá například metoda světelných signalizací Andon, nebo metoda Poka-Yoke zabraňující pochybením a chybám ve výrobě. Druhý pojem Just in time v sobě zahrnuje metody jako systém tahu, kontinuální procesy, 3M, metodiku 5S a další. Všechny tyto pojmy jsou zastřešeny jednotnou myšlenkou štlhlé výroby.



Obrázek 2: Grafické znázornění pojmu štlhlá výroba. (Vlastní)

2 MAPOVÁNÍ PROCESŮ

Mapování procesů je jedna z nejstarších a nejhodnotnějších metod zakreslování procesů. Je to však zároveň velice jemná technika a vyžaduje zkušeného zprostředkovatele pro dosažení nejlepších výsledků.

2.1 Technika mapování procesů

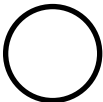


Procesní mapa neboli procesní diagram mapuje sekvenčním způsobem události jednotlivých aktivit pro jednotlivé produkty. Může obsahovat dodatečné informace jako je cycle time, stav skladů a potřebu vybavení. Nejvíce užitečné mapy bývají velice detailní. Toto je velmi důležité, jelikož většina plýtvání se odehrává na mikro úrovních.

Skutečnost, že procesní mapy obsahují linky a symboly ukazující sekvenční vývoj, vyvolává potřebu důkladné identifikace produktu. (Lee, 2007, s. 18)

2.2 Procesní symboly

K účelům sestavení procesní mapy je nejdříve důležité obeznámit se se základními značkami a symboly, ze kterých je procesní mapa tvořena. Pojem událost odkazuje na nějakou skutečnost, která se udála ve spojení s produktem, nebo jeho částmi. Události lze rozdělit do SEDMI kategorií, které uvádí tabulka 2. (Lee, 2007, s. 19)

Tabulka 2: *Symboly procesní mapy (Vlastní)*

Symbol	Význam	Popis
	OPERACE	činnosti upravující nějakým způsobem podobu nebo vlastnosti produktu, posouvající ho směrem k hotovému výrobku
	TRANSPORT	Veškerá přemístování produktu na větší vzdálenost. Nejčastěji představuje pohyb produktu mezi jednotlivými pracovišti
	MANIPULACE	Činnosti související s překládáním, vykládáním, balení produktu. Jedná se o veškeré drobnější manipulace na krátkou vzdálenost

	INSPEKCE	Prohlídky produktu a kontrola správnosti předchozích úprav produktu
	ČEKÁNÍ	Čas čekání nejčastěji v dávkové výrobě, kdy se čeká na dokončení dávky. Symbol však reprezentuje všechny druhy čekání.
	KONTROLA	Zjišťování kvality výrobků, hledání závad a zjišťování vhodnosti výrobku k dalšímu postupu v procesu
	SKLADOVÁNÍ	Skladování výrobku ve skladech i meziskladech.

2.3 Procesní mapa

Procesní mapa představuje diagram, využívající grafických symbolů k zachycení hlavních událostí, činností a dějů v procesu, jejich vzájemné vazby, posloupnost, zpětné vazby a větvení, doplněných o důležité informace týkající se jednotlivých bodů procesu.

Procesní diagramu mohou mít různé podoby podle velikosti, druhu a zaměření. Nejčastěji se však setkáme s následujícími typy: (Svozilová, 2011, s. 116)

- Jednoduché diagramy sledu pracovních činností – zachycující pouze sled činností určené k znázornění jednoduchých pracovních postupů.
- Víceúrovňové procesní struktury – využívané k znázornění vazeb mezi jednotlivými procesními oblastmi a skupinami procesů.
- Dráhové diagramy – systematicky rozděleny do jednotlivých drah, představujících pracovní skupiny. Diagramy se vyvíjí mezi těmito dráhami, čímž naznačují zodpovědnosti jednotlivých skupin za určité kroky procesu.

Druh procesního diagramu volíme v závislosti na sdělení, které by takto vyhotovená mapa měla poskytovat. Ukázkou procesní mapy reprezentuje obrázek 3.

č.	činnost	operace	transport	kontrola	skladování	čekání	vzdálenost (m)	doba trvání (min)	počet pracovníků
1	Vykládka kamionu - příjem zboží	○						0,25	0,5
2	transport		→				10		
3	skladování				△			7689	
4	transport		→				8		
5	skladování				△			456	
6	transport		→				35		
7	soustružení	○						4,7	1
8	transport		→				26		
9	skladování				△			1211	
10	transport		→				10		
11	frézování	○						3,6	1
12	transport		→				12		
13	skladování				△			3456	
14	transport		→				36		
15	montáž	○						5,2	0,5
16	transport		→				2		
17	skladování				△			1456	
18	transport		→				5		
21	skladování				△			457	
22	kontrola (100%)			⊠				1,5	1
	transport		→						
	skladování				△				
	balení, expedice	○							1
	Celkem: - četnost	5	10	1	7	0			5
	- součet času (min)							14740,25	
	vzdálenost (m)						144		

Obrázek 3: Ukázka procesní analýzy (Vlastní)

Informace v procesní mapě jsou často zaznamenávány v tabulkové podobě, přičemž jednotlivé typy činností jsou rozvrženy ve svislých pruzích. Po sestavení takovéto mapy (viz. Obrázek 3) a propojení jednotlivých typů činností, získáváme přehled o komplexnosti celého procesu. Tyto mapy často obsahují dílčí informace o jednotlivých činnostech, jako jsou doba skladování, doba potřebná ke kontrole výrobku, nebo cyklové časy jednotlivých operací. Výstupem procesní mapy je potom přehledný obraz o celém procesu a informace o celkové délce trvání, součtu vzdáleností mezi pracovišti a další.

3 MAPOVÁNÍ HODNOTOVÉHO TOKU

V následující kapitole budou objasněna problematika, týkající se mapování hodnotového toku ve výrobních podnicích.

3.1 Management hodnotového toku

Managementem hodnotového toku lze popsat jako metodu cílené identifikace a odstranění aktivit, které výrobku nebo podniku nepřidávají hodnotu. Jedná se o strategii zlepšování, jež kombinuje potřeby top-managementu s potřebami pracovních týmů, při využití nejefektivnějších metod a způsobů využívaných v moderních úspěšných podnicích.

Kořeny hodnotového managementu neboli value managementu sahají do druhé poloviny dvacátého století, kdy byl definován. Jedná se tedy o relativně mladý obor, který prochází neustálým vývojem. Hlavním cílem managementu hodnotového toku je zvyšování hodnoty pro zákazníka. V procesním a průmyslovém inženýrství se tato metoda využívá v souvislosti s pojmem štíhlá výroba neboli lean manufacturing. Hlavním zájmem hodnotového managementu je sledování následujících kritérií. (Mašín, 2003, s. 10).

- Času přidávajícího hodnotu,
- průběžné doby vzniku produktu,
- poměrového procenta mezi časem, přidávajícím hodnotu a průběžnou dobou,
- počtu procesních kroků,
- součtu všech procesních kroků.

Všechny tyto kritéria jsou sledovány za účelem zmapování hodnotového toku ve společnosti, nebo v širším pojetí mezi společnostmi. (Mašín, 2003, s. 7).

Pro úplné pochopení významu managementu hodnotového toku je nezbytné znát a rozumět pojmům jako jsou hodnota, hodnotový tok, druhy plýtvání, mapa hodnotového toku, informační tok, materiálový tok, štíhlá výroba a podobné. Právě tyto pojmy objasňují následující podkapitoly.

3.1.1 Hodnota a hodnotový tok

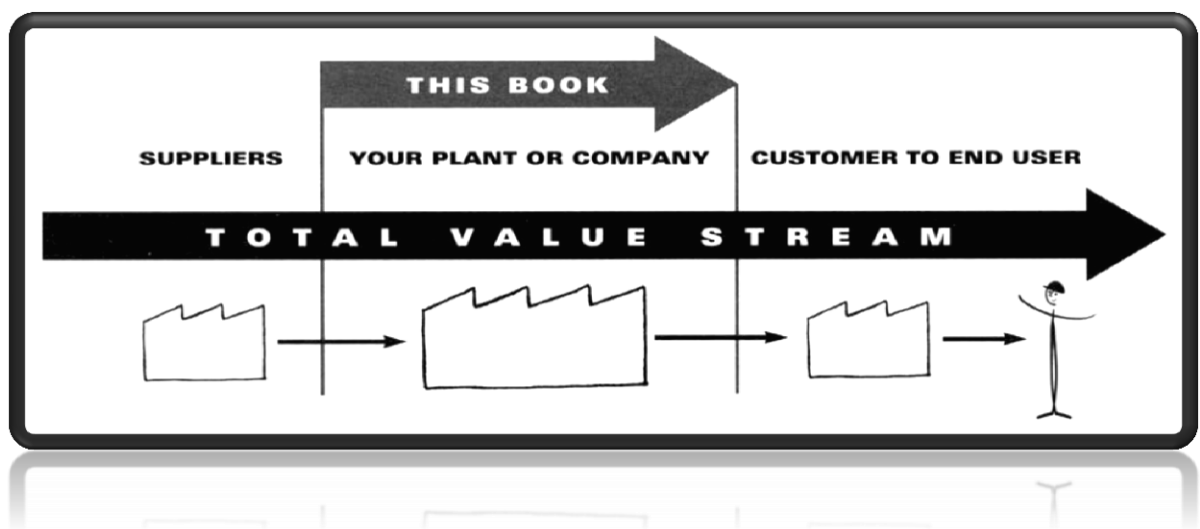
Mašín definuje hodnotu jako poměr mezi užitnými vlastnostmi produktu, tj. jaký užitek přináší produkt zákazníkovi a náklady na jeho vyhotovení. Lze použít i populární definici „to, za co je zákazník ochoten zaplatit“, avšak tato definice není příliš demonstrativní a přestože je relativně výstižná, nedostává se k samému jádru problému. Níže uvedená

rovnice je schopna vyjádřit tuto myšlenku specifičtěji, jako poměr užitečnými vlastnostmi produktu a náklady na jeho výrobu.

$$\text{hodnota} = \frac{\text{užitečné vlastnosti produktu}}{\text{náklady}}$$

Z výše zmíněného vzorce vyplývá, že pokud současně se zvyšováním nákladu potřebných k vyhotovení výrobku nerostou jeho užitečné vlastnosti, pak se hodnota snižuje. (2003, s. 10)

Hodnotový tok, přeloženo z anglického Value Stream, představuje součet všech činností uvnitř procesů, zprostředkovávající přeměnu vstupního materiálu do výsledného produktu, přinášejícího zákazníkovi požadovanou hodnotu. Value Stream ovšem nepředstavuje pouze činnosti, které výrobku hodnotu přidávají. Představuje také činnosti, jež hodnotu výrobku nepřidávají vůbec, nebo jej k zákazníkovi pouze přibližují. Eliminace těchto činností, nepřidávajících výrobku hodnotu, je předmětem managementu hodnotového toku. (Mašín, 2003, s. 13; Rother, 1999)



Obrázek 4: Průchod hodnotového toku společnosti. (Vlastní)

Hodnotový tok také představuje grafické znázornění všech aktivit uvnitř i vně společnosti na cestě mezi zákazníkem a dodavatelem. Pomáhá nám snadno pochopit materiálové a informační toky ve společnosti. (Rother, 1999)

3.1.2 Plýtvání

Plýtvání lze definovat jako aktivity nepřidávající výrobku hodnotu. Jsou to činnosti, které se v podniku objevují, jako například časté kontroly, skladování a podobně, které zákazník

při užívání výrobku nevidí. Pomocí následujících otázek lze rozdělit aktivity na ty, které přidávají hodnotu a na ty, které hodnotu nepřidávají. (Lee, 2007, s. 15)

- Mění činnost, nebo událost fyzicky podobu produktu? Pokud ano, pravděpodobně hodnotu přidává.
- Pokud by zákazník činnost viděl, byl by ochoten za ni platit? Pokud ne, pravděpodobně hodnotu nepřidává.
- V případě, že se činnost eliminuje, pozná zákazník rozdíl? Pokud ne, pravděpodobně hodnotu nepřidává.

Lee ve své knize popisuje sedm základních druhů plýtvání, zahrnujících poznatky Taiichi Ohna. Tyto druhy plýtvání jsou následující:

- nadprodukce,
- skladování,
- kvalita,
- prostoje,
- plýtvání talentem,
- přílišné pohyby,
- transport.

Tyto druhy plýtvání doplněné o běžné příklady a příčiny uvádí následující tabulka (Tabulka 3). (Lee, 2007, s. 16)

Tabulka 3: Typy plýtvání. (Vlastní)

Typ plýtvání	Příklad	Možné příčiny
Nadprodukce	Vyrábí se příliš mnoho Vyrábí se příliš brzo Vyrábí se příliš rychle	Dlouhé nastavování Proměnlivé výrobní časy Nebalancovaný proces
Skladování	Produkt mimo proces přidávající hodnotu Nečinné skladování	Nevybalancované operace Nespolehlivé předpovědi Časové zpoždění Nespolehlivý dodavatel Nespolehlivé vybavení Nepředpokladatelné závady
Kvalita	Inspekce / zamítnutí kvality Opravy a předělávky	Nekontrolované procesy Špatná údržba

Nečinné stroje	Stroj nevykonává činnost přidávající hodnotu	Rozvrhová proměnlivost Nadbytečná kapacita
Prostoje lidí	Lidé nepracují	Rozvrhová proměnlivost Pevné přiřazení úkolů Nevybalancovaná práce
Talent	Neschopnost využít pracovníků fyzický, či psychický talent	Špatné přijímání pracovníků Nedostatečný trénink Nemotivovaní zaměstnanci
Přílišné pohyby	Nepotřebné pohyby pracovníka po pracovišti	Stroje příliš daleko od sebe Špatně umístěné nářadí Nestandardizované pracovní činnosti Neorganizovanost
Transport	Přemisťování produktu	Procesně orientované layouty Nespojené procesy Centralizované sklady

Většina druhů plýtvání je ve výrobě přehlížena, nebo podceňována. Zejména prostoje lidí a strojů bývají nejčastějším jevem.

3.2 Mapa hodnotového toku

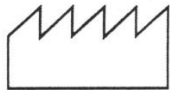
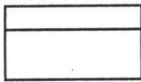
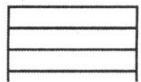


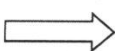
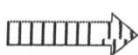


Mapa hodnotového toku je speciálním druhem vývojového diagramu, který využívá ke svým účelům symboly, pomáhající vyobrazit současný stav výrobního procesu za účelem zlepšení materiálových a informačních toků. (Washington.edu, 2012)



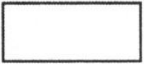

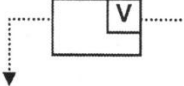
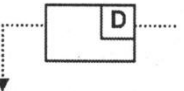



3.2.1 Symboly VSM

Abychom mohli zaznamenávat jednotlivé procesy, je nejprve nutné seznámit se se základními symboly mapování hodnotového toku. Tyto obrazce, reprezentující jednotlivé prvky nejčastěji výrobního procesu a jsou zaznamenávány systematickým způsobem na větší plochu, kde po jejich umístění a doplnění o informace získáváme mapu současného stavu, o které bude pojednávat další podkapitola. Přesná podoba symbolu není stanovena, avšak u většiny autorů jsou symboly téměř identické. Pokud sjednotíme poznatky autorů Bichena, Rothera s internetovým portálem StrategosInc.com, můžeme sestavit následující tabulku (Tabulka 4), poskytující přehled nejčastěji vyžívaných symbolů při mapování hodnotových toků, rozdělená do tří kategorií. Ikony pro materiálový


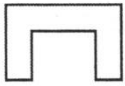
tok, ikony pro informační tok a ikony obecné. (Bicheno, 2004; Rother, 1999; StrategosInc.com, 2012)



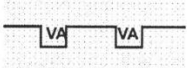
Tabulka 4: Ikony pro materiálový tok. (Vlastní)

Ikony pro materiálový tok		
<p>Externí zdroje</p> 	<p>Dodavatelé Zákazníci Ostatní firmy</p>	<p>V mapě se vyobrazuje v levém, resp. pravém horním rohu</p>
<p>Proces</p> 	<p>Pracoviště Stroj Činnost</p>	<p>Využívá se k zakreslení jednotlivých procesů, kterými prochází výrobek</p>
<p>Data o procesu</p> 	<p>Cycle time Changeover time VA-index</p>	<p>Umožňuje zachycení všech informací týkajících se procesu společně s jejich strukturovaným záznamem</p>
<p>Zásoby</p> 	<p>Zásoby materiálu Skladování Mezisklady</p>	<p>Označení pro prostory určené ke skladování materiálu</p>
<p>Transport</p> 	<p>Autodoprava Letecká přeprava Paletový vozík</p>	<p>Přeprava materiálu na větší vzdálenosti, obvykle na cesty vně společnosti</p>
<p>Tok hotových výrobků</p> 	<p>Fyzický pohyb výrobků</p>	<p>Představuje směr a trasu hotových výrobků vně společnosti</p>
<p>Pohyb tlakem</p> 	<p>Pohyb tlakem PUSH</p>	<p>Způsob pohybu materiálu uvnitř společnosti směrem od předcházejícího pracoviště k následujícímu</p>
<p>Pohyb tahem</p> 	<p>Pohyb tahem PULL</p>	<p>Způsob pohybu materiálu uvnitř společnosti směrem od následujícího pracoviště k předcházejícímu</p>
<p>Supermarket</p> 	<p>Zásobník s výrobky</p>	<p>Dopravník, skříň, skladující materiál, či výrobky pro vnitropodnikového zákazníka</p>
Ikony pro informační tok		

<p>Manuální informování</p> 	<p>Ústní sdělení Písemné sdělení</p>	<p>Přeprava informací fyzickým způsobem</p>
<p>Elektronická informace</p> 	<p>Telefon E-mail SMS</p>	<p>Přeprava informací elektronickým způsobem</p>
<p>Typ informace</p> 	<p>Upřesňuje informační tok Frekvence Způsob</p>	<p>Rozšiřující poznámky k informačním tokům</p>
<p>Inventurní plánování</p> 	<p>Go see</p>	<p>Plánování a rozhodování na základě optické kontroly</p>
<p>Výrobní kanban</p> 	<p>Datová karta</p>	<p>Kanban karta poskytující pracovišti informace o množství výrobků potřebných k zhotovení pro následující pracoviště</p>
<p>Dopravní kanban</p> 	<p>Datová karta</p>	<p>Kanban karta poskytující pracovišti informace o množství výrobků potřebných k dopravení na následující pracoviště</p>
<p>Signální kanban</p> 	<p>Datová karta</p>	<p>Kanban karta poskytující pracovišti informace o blížícím se vyčerpání zásob v supermarketu</p>
<p>Kanbanová schránka</p> 	<p>Schránka na datové karty</p>	<p>Fyzické pouzdro nebo zásobník na uchovávání a zviditelnění kanban karet</p>
<p>FIFO</p> 	<p>First-in-first-out</p>	<p>Metoda založená na principu vyskladnění prvního vstupu jako prvního v pořadí při vyskladnění</p>

Všeobecné ikony a symboly

<p>Operátor</p> 	<p>Pracovník Obsluha stroje</p>	<p>Způsob značení množství operátorů na pracovišti</p>
<p>Výrobní buňka</p> 	<p>Prostorové uspořádání Procesní uspořádání</p>	<p>Označuje prostorové, či procesní uspořádání skupiny procesů v jednu výrobní buňku Může být doplněna tečkovanou čarou pro zvýraznění oblasti</p>

<p>Počítačová podpora</p> 	<p>Simulační programy CAD Witness</p>	<p>Počítačové programy umožňující simulaci procesů nebo jejich grafické ztvárnění</p>
<p>Příležitost ke zlepšení</p> 	<p>Grafické zvýraznění návrhu na zlepšení</p>	<p>Žluto barevné označení místa v mapě hodnotového toků, kde lze provést nějaká zlepšení</p>
<p>VA-linka</p> 	<p>Spojnice NVA a VA časů</p>	<p>Linka ve spodní části mapy hodnotového toku pod procesy, která zachycuje NVA a VA časy</p>

3.2.2 Mapa současného stavu

Prvním krokem mapování hodnotového toku je sestavení mapy současného stavu. Mašín uvádí postup mapování aktuálního hodnotového toku „od vrat k vratům“ následovně: (2003, s. 47)

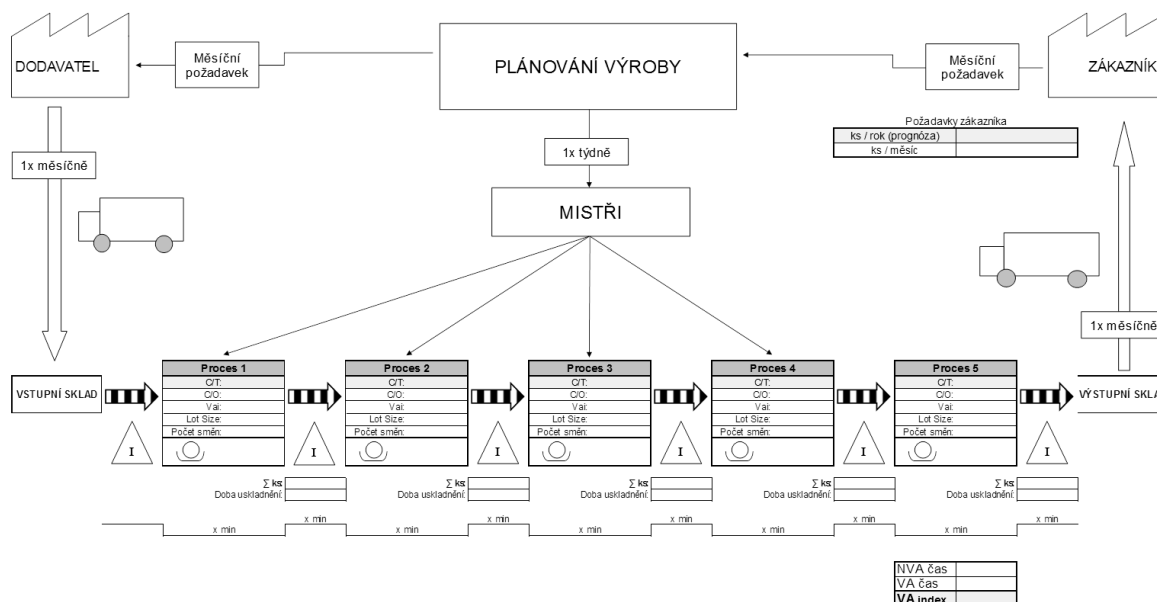
1. Výběr reprezentativního hodnotového toku.
2. Nákres hrubé skici procesu.
3. Příprava formuláře pro záznam informací.
4. Sběr dat o externím zákazníkovi (Požadavky, takt, spotřeba, směnnost apod.).
5. Na „Gembě“ nasbírejte všechna potřebná data o procesech a operacích jako jsou:
 - čas cyklu,
 - OEE (dostupnost + FTT či FTY),
 - changeover time neboli čas prostoje spojených se změnou sortimentu,
 - časový fond pracoviště,
 - počet operátorů a pracovišť,
 - množství variant výrobků,
 - typ balení,
 - procesní rychlost (skutečný čas cyklu včetně ztrát a plýtvání),
 - VA-index charakterizující poměr VA a NVA činností.
6. Zmapování stavu zásob ve skladech a meziskladech.
7. Přepočet velikosti zásob na základě denní potřeby zákazníka.
8. Zakreslení značky zákazníka do pravého horního rohu mapy a zaznamenání potřebných dat do tabulky.
9. Zakreslení ikony externího dodavatele.

10. Popsání sledu procesních kroků v podniku pomocí ikon pro výrobní procesy a doplnění tabulek zjištěnými informacemi směrem zleva doprava včetně dodavatele.
11. Dokreslení materiálových toků a ikon skladů s údaji o velikosti zásob ve dnech.
12. Dokreslení externího transportu.
13. Dokreslení systému a formy plánování (informačních toků od zákazníka, přes podnik až k externímu dodavateli).
14. Zakreslení VA-linky do spodní části mapy.
15. Výpočet základních údajů o hodnotovém toku:
 - celková průběžná doba ve dnech,
 - celkový procesní čas,
 - čas, přidávání hodnoty,
 - VA-index.

Pokud budeme postupovat přesně podle výše popsaného postupu, bude výsledkem naší práce mapa současného stavu. Před vyhotovením takovéto mapy však Mašín uvádí několik důležitých pravidel, které je nutno dodržovat: (2003, s. 48)

- mapování procesů informujte všechny zúčastněné předem, v případě potřeby principy mapy vysvětlete,
- mapování hodnotových toků není jen pro manažery, ptejte se i operátorů,
- data o hodnotovém toku shromažďujte přímo v procesu,
- mapování začínejte vždy na výstupu u expedice a postupujte ke vstupu materiálu a surovin do podniku,
- při popisu operací využívejte časové studie provedené přímo u operací,
- mapování provádí vždy najednou jeden člověk či jeden malý koordinovaný pracovní tým,
- nemapuje každý nakupovaný díl, kreslete pouze hlavní suroviny nebo jednoho až dvou nakupovaných dílců,
- výrobní proces se většinou skládá z několika větví, není potřeba kreslit všechny, nejprve nakreslete hodnotový tok hlavní komponenty a potom napojte podle logiky procesu pomocí šipek pro materiálové toky nejvýznamnějších vstupujících dílů,
- subjektivní a neformální informace do mapy nezahrnujte,
- vždy dotáhněte mapování do konce – nekompletní mapy mají velmi malou vypovídající schopnost.

Při dodržení všech zmíněných pravidel a postupů by měla vypadat mapa současného stavu hodnotového toku následovně.



Obrázek 5: Ukázka mapy hodnotového toku. (Vlastní)

3.2.3 Mapa budoucího stavu

Jakmile je vyhotovena mapa současného stavu, přichází na řadu její analýza a zakreslení stavu budoucího. Nejdůležitější částí analýzy mapy hodnotového toku je porozumění rozdílu mezi aktivitami přidávajícími hodnotu a aktivitami hodnotu nepřidávajícími. Většina organizací je velice překvapena, když zjistí, že 80% aktivit uvnitř organizace nepřidává výrobku hodnotu a proto je jejich odstranění nebo redukce podstatnou částí vytváření mapy budoucího stavu. Současně je kladen obrovský důraz na překonání starých principů tlaku (push) a jejich nahrazení principy tahu (pull). Mapa budoucího stavu je ideálním obrazem, kterého chce společnost dosáhnout. (Webber, 2007, s. 210)

Jednotlivé kroky při tvorbě mapy budoucího stavu jsou následující: (Kaplan, 2010, s. 25)

- Vytvořte pracovní plán, který zahrnuje různé akční plány a kroky potřebné k dosažení stanovených cílů.
- Určete zodpovědné osoby.
- Určete časový plán.
- Určete, zda je potřeba konzultovat nebo vtahovat do procesu další pracovníky.

Tvorba mapy budoucí stavu dává týmu příležitost soustředit se na bariéry zdravého hodnotového toku. Příklady takovýchto bariér mohou být například: (Kaplan, 2010, s. 26)

- Dávky a fronty (v kontrastu s plynulou výrobou, dávková výroba představuje masovou výrobu velkého množství kusů, tudíž čekací čas existuje ještě předtím, než se dávka pošle na další stanoviště).
- Dlouhé časy příprav (Včetně fyzických i psychický časů, potřebných k zahájení aktivity).
- Dostupnost vybavení a poruchy.
- Nadměrné zásoby.
- Nestandardní priority.
- Změny v rozvrhu.
- Potřebné znalosti a dovednosti.
- Prostorové rozložení pracovišť.

Při plánování budoucího stavu není vhodné zacházet příliš daleko do budoucnosti. Ideálním časovým rozmezím pro umístění mapy budoucího stavu jsou tři až šest měsíců dopředu. Abychom si mohli být jistí při vytváření mapy budoucího stavu, musíme porozumět také principům štíhlého hodnotového toku.

3.2.4 Štíhlý hodnotový tok

Hlavní myšlenkou štíhlého hodnotového toku, resp. štíhlé výroby je přimět jednotlivé procesy k tomu, aby vykonávali pouze ty činnosti v takovém rozsahu, jaké vyžaduje následující pracoviště. Snahou je zde propojit všechny procesy v plynulý tok bez zbytečných zajižděk, který generuje nejkratší průběžný čas, nejvyšší kvalitu a nejnižší náklady. (Rother, 1999)

3.2.5 Takt time

Pojem takt time představuje časový údaj vztažený k množství. Jde o nalezení synchronizace mezi požadavky zákazníka a výrobními možnostmi společnosti. Získáme jej za použití následující rovnice. (Rother, 1999)

$$\text{takt time} = \frac{\text{časový fond směny}}{\text{požadavek zákazníka na směnu}}$$

Takt time je tempo v němž výrobce produkuje finální výrobky na základě potřeb zákazníka. Pokud není respektováno toto tempo výroby, dochází k následujícím skutečnostem:

- Při výrobě rychlejší, než takt time dochází k hromadění zásob mezi jednotlivými pracovišti.
- Při výrobě pomalejší než takt time dochází k nedostatku požadovaného materiálu a vzniká potřeba využití práce přesčas, nebo další zdroje.

Pokud hodnotíme operace na pracovištích vztažených ke společnému taktu, nesrovnáváme čas přidané hodnoty s časem cyklu individuální práce, nýbrž ho vztahujeme k taktu pracoviště. Z toho vyplývá, že není-li výrobní buňka či linka správně vybalancována, jejímu VA-indexu přibývají operace představující plýtvání. (Mašín, 2003, s. 42)

4 SIMULTÁNNÍ INŽENÝRSTVÍ

Velká spousta problému ve výrobním procesu, či montáži má své původy ve fázi vývoje a konstrukčním řešení výrobku či výroby samotné. Zpětné odstranění příčin těchto problémů, představují pro společnost často dodatečné náklady a snižují tak produktivitu. Velká část techniků a výrobních inženýrů zná skutečnost, že samotná konstrukce výrobku určuje jeho výsledné vlastnosti, avšak dále se již nezajímají o vliv těchto vlastností na výrobu, potřeby pracoviště a potažmo i produktivitu. Mnoho výrobků, které se objeví na pracovišti vlastní technologická řešení neshodující se s potřebami pracoviště. (Mašín, 1996, s. 207)

4.1 Počítačová podpora

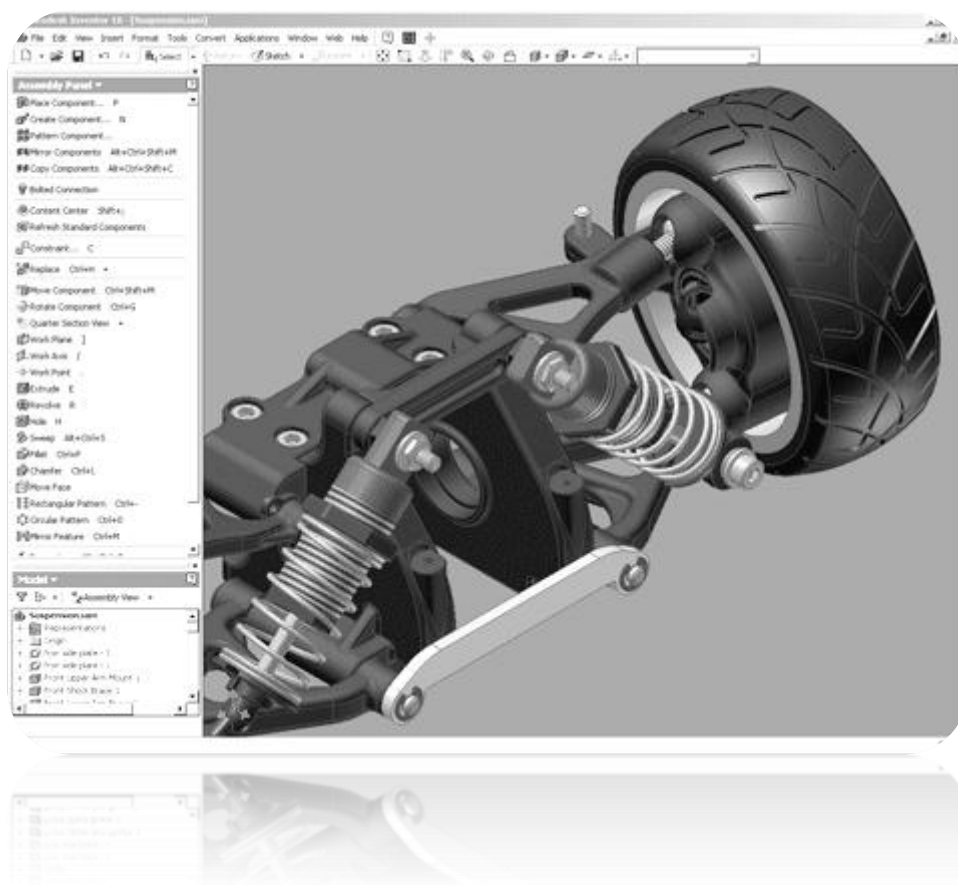
Každý projekt výrobku, nezávisle na své velikosti, vyžaduje mnohdy spoustu výkresů a dokumentace. V návaznosti na tuto skutečnost vzniká potřeba obrovského množství informací jako například specifikace výrobku, výsledky testů a analýz, ceny, harmonogramy, technologické postupy, nástroje, výsledky simulací apod.

Bez počítačové podpory si dnes jen těžko někdo dokáže představit zpracování takového množství dat. Prostředky, které nám tuto práci usnadňují lze rozdělit do tří základních skupin: (Mašín, 1996, s. 231)

- Hardware a software pro konstrukční a inženýrské práce včetně jejich řízení (CAD/CAM/CAE, simulační nástroje, nástroje pro modelování, plánování apod.)
- Hardware a software pro komunikaci mezi různými počítači a programy (např. sdílení databáze uvnitř podniku nebo zajištění kompatibility v přenosu dat mezi podniky, dodavateli a zákazníky pomocí standartních neutrálních formátů – například CALS, STEP apod.)
- Hardware, software a další technické prostředky pro tzv. rapid prototyping resp. manufacturing. Jedná se o označení moderní technologie, která umožňuje maximálně rychlé vytváření fyzikálních modelů a výrobků a výrobu prototypů. Pro tento účel se využívá přímá konverze CAD (3D) modelů na výrobu modelu pomocí speciálního software a technologií využívajících většinou laserového paprsku (např. stereo litografie).

4.2 Computer Aided Design CAD

CAD, také známý jako počítačově podporované navrhování a zpracování (CADD), představuje využití výpočetní techniky pro vytváření návrhů a konstrukční dokumentace. CAD software je typ počítačového programu, který nahradí zdoluhavé ruční vypracování návrhu do automatizovaného procesu. Ať už se jedná o oblasti architektury, mechaniky nebo strojírenských oborů, pravděpodobnost setkání s CAD softwarem je veliká. Computer aided design software pomáhá objevovat nápady, vizualizovat pojmy pomocí animací a fotorealistických renderů a simulovat, jak se bude návrh chovat v reálném světě. (Autodesk.com, 2012)



Obrázek 6: Ukázka modelu v programu CAD Inventor. (Vlastní)

4.3 WITNESS

WITNESS je světový vůdce systémů, simulujících řízení. Uživateli dává možnost pružného modelování pracovního prostředí, simulaci zavádění různých obchodních a výrobních rozhodnutí a umožňuje tak snáze pochopit jakýkoliv komplexní proces. Výsledkem programu WITNESS může být ověření projektů a ujištění se, že bylo nalezeno nejlepší řešení daného problému a to ještě před tím, než na něj byly vynaložené jakékoliv náklady.

Celý systém byl navržen tak, aby byl co nejsnáze pochopitelný a přehledný a zároveň dokázal vyřešit i velice detailní a různorodé požadavky na průběh procesů. Mezi hlavní prvky, které dělají program WITNESS tak efektivní a úspěšný patří především:

- Jednoduchý a účinný design
- Modulová a hierarchická struktura
- Kompatibilita s prvky Windows PC
- Extrémní interaktivita
- Velký rozsah logistických a řídicích a kontrolních možností
- Přednastavené prvky pro konkrétní prostředí
- Možnosti statistického měření a vykazování
- Kvalitní grafické zpracování
- Možnost provázání s externími databázemi či zdroji jako (ORACLE, SQL Server, Access, XML, HTML, BPM ,CAD atd.)

Program WITNESS je dostupný ve dvou verzích - the Manufacturing Performance Edition a the Service and Process Performance Edition. Lze také přidat dodatečné, rozšiřující moduly pro získání možnosti virtuální reality, optimalizace, možnosti propojení s programy VISION a CAD. Vývojářská edice programu WITNESS nabízí COM objektový model a Aktiv X zobrazení. (Lanner.com, 2012)

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 PROFIL SPOLEČNOSTI

Následující podkapitoly shrnují základní informace o společnosti EPCOS, s. r. o.



Obrázek 7: Logo a budova společnosti Epcos, s. r. o. (Vlastní)

5.1 Charakteristika společnosti

Společnost EPCOS, s. r. o. je mezinárodním výrobcem elektrotechnických součástek. Je součástí nadnárodní společnosti TDK-EPC Corporation a tato je součástí globální společnosti TDK. Zabývá se výrobou magnetických měkkých feritů a keramických pozistorů. Společnost sídlí v Šumperku.

5.2 Historie společnosti

Chronologický záznam nejdůležitějších momentů v historii společnosti uvádí následující tabulka (Tabulka 5).

Tabulka 5: Datovaná historie společnosti. (Vlastní)

Rok	Událost
1956	Počátek výroby feritů v Šumperku.
1992	Registrace 3. divize Prametů (měkké ferity).
1999	Siemens Matsushita Components odkupuje 3. divizi Prametů.
1999	Zahájení působení EPCOS zahájení výstavby nové haly.
2000	Zahájení produkce v nové hale.
2001	Ukončení transferu výroby z Mnichova do Šumperka.
2002	Stěhování zařízení z Bordeaux, Francie do Šumperka.

2002	Dokončení transferu.
2003	Transfer výroby toroidů z Bordeaux do Šumperka.
2004	Transfer výroby PTC komponentů z Rakouska do Šumperka.
2005	Zahájení výroby granulátu v pracovišti Mohelnice.
2009	Vytvoření korporace TDK a EPCOS, zahájení procesu sloučení.
2010	Ukončení výroby granulátu v Mohelnici.
2011	Investice do nových technologických zařízení.

5.3 Vize, cíle a strategie společnosti

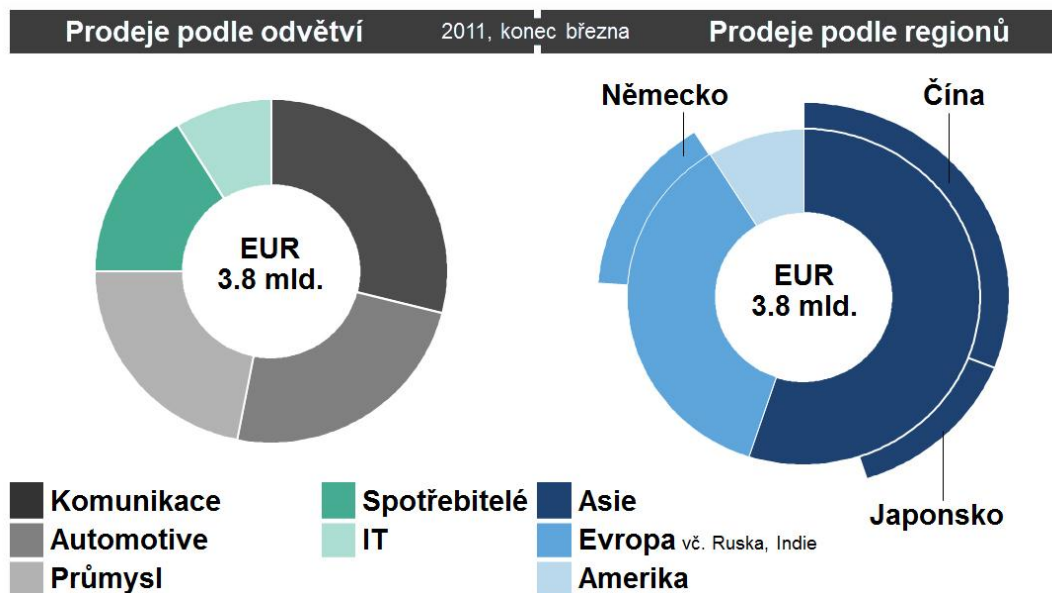
Jednoznačnou vizí společnosti EPCOS a TDK je vnímání firemních značek zákazníky, zaměstnanci a investory jako synonymum pro vynikající technologickou a podnikatelskou výkonnost v oboru elektrotechniky.

Generování zisků a trvalé zvyšování hodnoty společnosti jsou stanoveny jako hlavní cíle. Snahou je, aby zákazník vnímal společnost EPCOS, s. r. o. jako svého nejspolehlivějšího a nejinnovativnějšího partnera. Společnost chce být lídrem na každém trhu, který zásobuje, a růst rychleji než její konkurenti. Jako technologická firma poháněná vpřed inovacemi a neustálým vývojem chce mít společnost aktivní podíl na formování pokroku dnes i zítra.

Strategií společnosti EPCOS, s. r. o. je sledování výnosového růstu. Základy této strategie jsou v širokém spektru našich technologických kompetencí, které se odvozují z hlubokých znalostí a rozsáhlých zkušeností firemních zaměstnanců. Hlavní inovační silou jsou výsledky jejich výzkumné a vývojové práce. Právě inovace udržují společnost konkurenceschopnou, umožňují její neustálý růst a zajišťují její budoucí úspěch. Výsledky inovací dávají zákazníkům společnosti EPCOS, s. r. o. klíčovou konkurenční výhodu a otevírají nové trhy a možnosti aplikací. S výrobky a službami se soustředění zaměřuje na rychle rostoucí trhy, na kterých rozšiřuje své zastoupení. Právě díky spolupráci s partnerskými firmami jsou realizovány nové akvizice. Společnost zůstává flexibilní a nestranná ve výběru nejvhodnějších lokalit, materiálů a služeb. V případě, kdy v dané podnikatelské aktivitě pravděpodobně nebude dosaženo vedoucí tržní pozice, zaměřuje se firma na specifický tržní segment nebo se těchto aktivit raději vzdá.

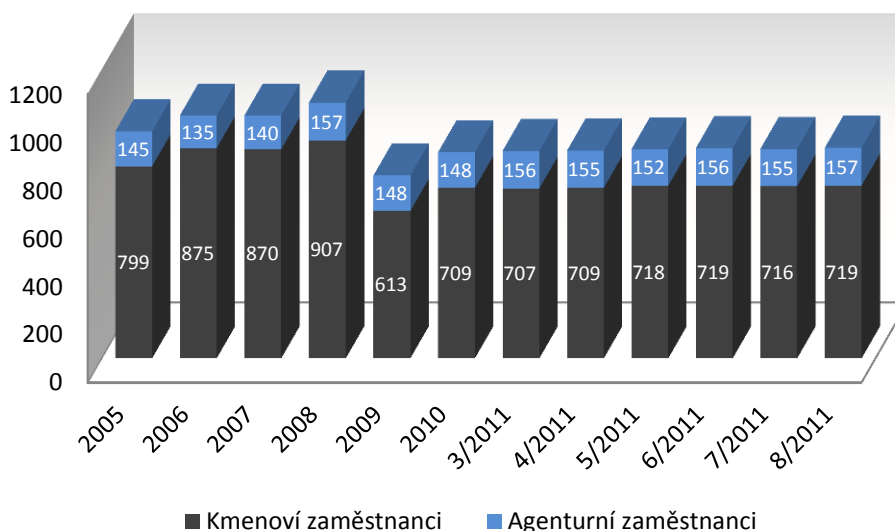
5.4 Ekonomické ukazatele

Nadnárodní společnost TDK, jejíž je EPCOS s.r.o. součástí, generovala začátkem roku 2011 zisk v hodnotě 3,8 miliard euro. Níže uvedený graf představuje rozdělení tohoto zisku podle odvětví a regionů.



Obrázek 8: Ekonomické ukazatele společnosti. (Vlastní)

V současné době zaměstnává společnost přibližně 880 zaměstnanců. Čímž se stává největším zaměstnavatelem v Šumperku. Historický vývoj počtu zaměstnanců ve společnosti včetně jejich rozdělení na zaměstnance kmenové a agenturní uvádí obrázek 9.



Obrázek 9: Vývoj počtu zaměstnanců ve společnosti. (Vlastní)

5.5 Divize PTC

Celá společnost, tvořena dvěma výrobními halami je rozdělena na dvě samostatné divize s označením PTC a MAGNETICS. Tato diplomová práce byla zpracována v divizi PTC, zabývající se výrobou pozistorů.

5.5.1 Produkty divize PTC

PTC je zkratkou tří anglických slov „positive temperature coefficient“, kterou lze přeložit jako pozitivní teplotní koeficient. Jedná se o označení elektronické součástky, která má schopnost měnit skokově svůj odpor při zahřátí na určitou teplotu. Pro tyto elektronické součástky nazývané pozistory platí, že čím větší je koeficient, tím větší je elektrický odpor při zahřátí na danou teplotu.

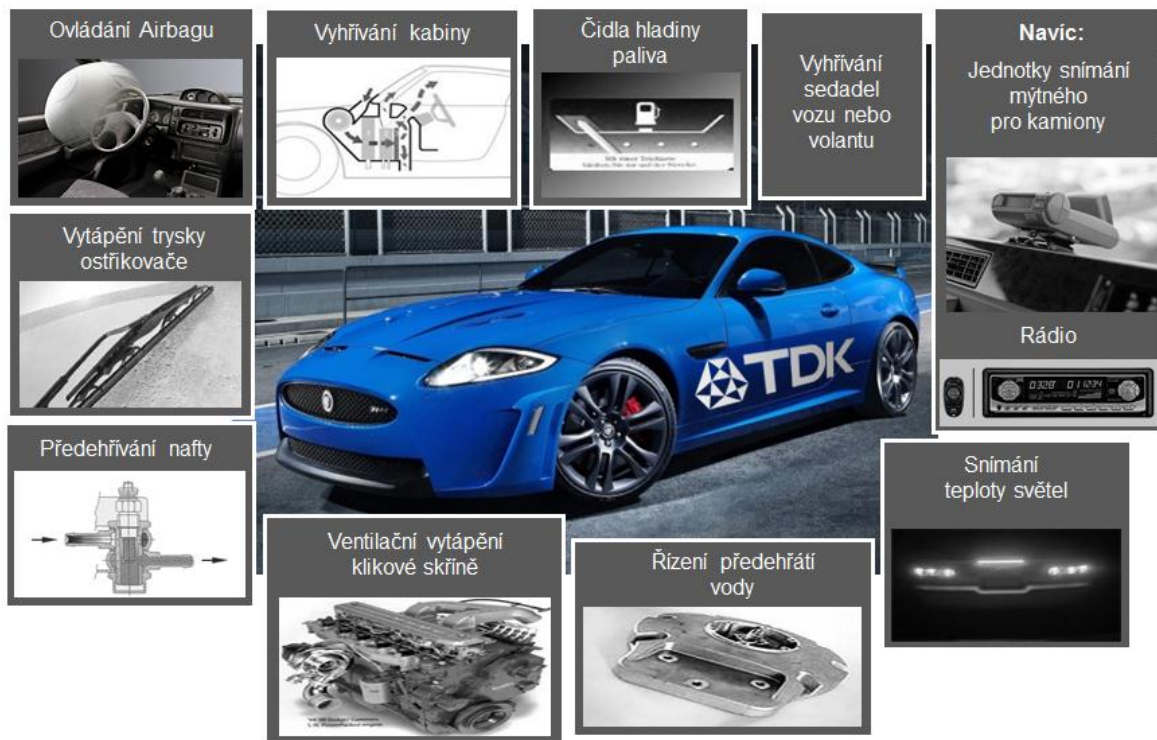
Společnost EPCOS, s. r. o. nabízí svým zákazníkům tyto součástky v různých tvarech a velikostech od disků s průměrem 24mm, přes obdélníkové vyhřívaje až po SMD čipy o velikosti několika milimetrů.



Obrázek 10: Ukázka produktů divize PTC. (Vlastní)

Téměř 26% veškeré produkce divize PTC míří do automobilového průmyslu. Produkty společnosti EPCOS, s. r. o. tak nachází své uplatnění v automobilech značek Citroen, Ford,

Renault a mnoha dalších. Příklady různého využití pozistorů v automobilovém průmyslu uvádí následující obrázek (Obrázek 11).



Obrázek 11: Ukázka využití produktů divize PTC. (Vlastní)

Další uplatnění nachází pozistory ve spotřební technice, například k odmagnetizování televizorů, teplotní zámky automatických praček, nebo zejména jako přepěťová ochrana široké škály elektrických zařízení. Součástí nabídky společnosti EPCOS, s. r. o. jsou i SMD čipy, které dosahují rozměrů 2 x 1 milimetr a jsou využívány zejména jako přepěťová ochrana mobilních telefonů, či pevných telefonních linek.

6 VYMEZENÍ PROJEKTU OPTIMALIZACE

6.1 Definování projektu

Název projektu: Projekt optimalizace výrobního procesu piezo rezistorů ve firmě EPCOS, s. r. o.

Projektový tým: Bc. Pavel Stejskal – diplomant, student UTB ve Zlíně
Ing. Michaela Hájková – vedoucí diplomové práce
Ing. Miroslav Plánka – vlastník projektu, průmyslový inženýr divize PTC ve firmě EPCOS, s. r. o.

6.2 Cíle projektu

Hlavní cíl: Zkrácení průběžné doby výroby piezo rezistorů.

Dílčí cíle: Zmapování hodnotových toků, nalezení úzkých míst výrobního procesu a příčin plýtvání, provedení analýzy úzkých míst, vytvoření návrhů na odstátnění plýtvání, návrhů optimalizace úzkých míst a zhodnocení přínosů optimalizace.

6.3 Omezení projektu

Rizika projektu: Výroba piezo rezistorů je ve firmě nově zaváděna a nachází se v testovací fázi. Odstávky a neplynulost výrobního procesu tak mohou výrazně ovlivnit možnost mapování procesů. Ze stejného důvodu hrozí riziko nedodržení časového harmonogramu projektu společně s nemožností vypracovat diplomovou práci.

6.4 Časový harmonogram projektu

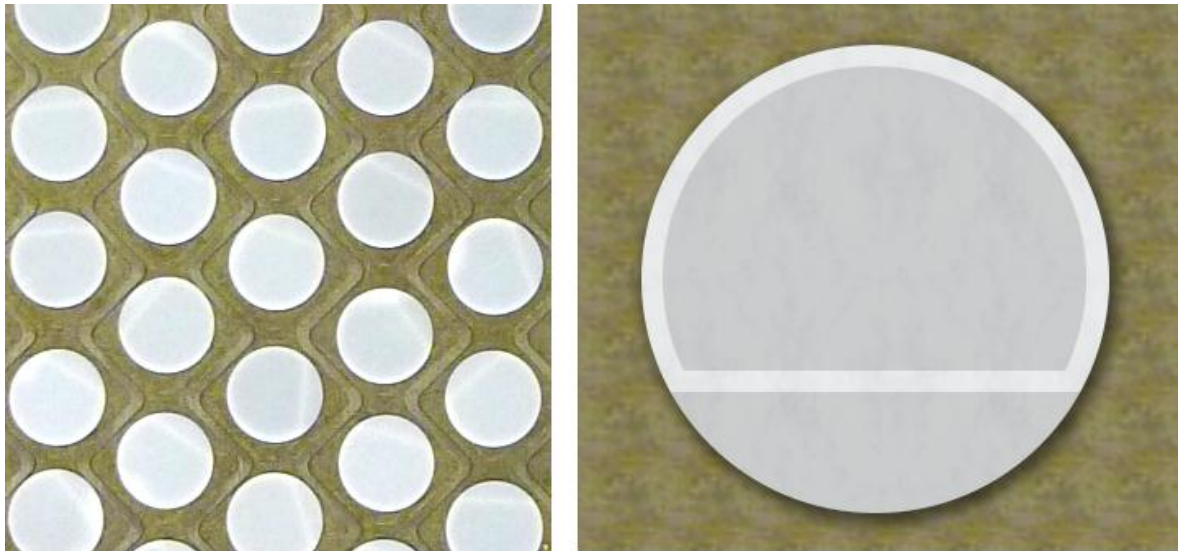
Délka trvání projektu byla stanovena na čtyři měsíce, počínaje začátkem měsíce března a konče posledním dnem měsíce června. V následujících dvou měsících červenec a srpen pak proběhne odevzdání diplomové práce a její obhajoba v měsíci září. Termíny odevzdání finální podoby diplomové práce byly stanoveny ve firmě na 30. 6. 2012 a univerzitě 13. 8. 2012. Seznam jednotlivých činností společně s délkou jejich trvání uvádí následující tabulka (Tabulka 6).

Tabulka 6: Časový harmonogram projektu. (Vlastní)

Činnosti	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září
Seznámení s chodem firmy	■						
Seznámení s výrobním procesem	■						
Definování projektu		■					
Analýza současného stavu		■	■				
Zhodnocení současného stavu			■				
Návrh optimalizace				■			
Odevzdání a schválení DP firmou					■		
Odevzdání DP						■	
Obhajoba DP							■

7 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

7.1 Popis výrobku



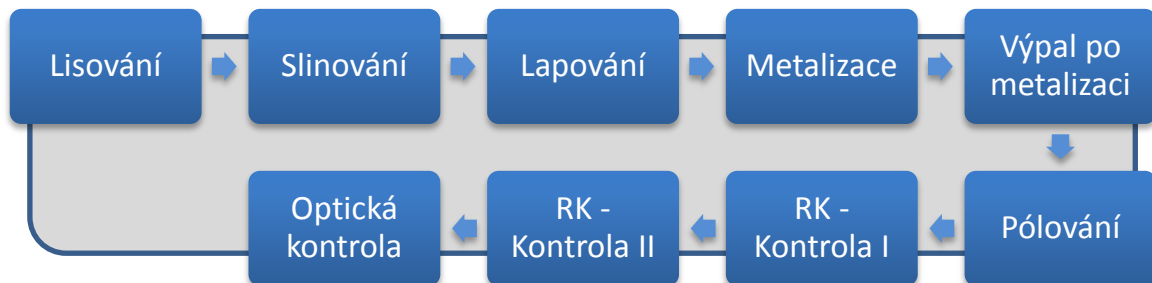
Obrázek 12: Piezo rezistor. (Vlastní)

Piezo rezistor představuje keramické kolečko o tloušťce 0,55 milimetru a průměru přibližně 7 milimetrů, systematicky potištěné speciální metalizační pastou. Potisk každá strany se liší. Jedna strana je potištěna celoplošně, druhá s brázdou a elektrodou. Piezo rezistory vyrobené ve společnosti EPCOS s. r. o. slouží jako součást ultrazvukových parkovacích senzorů. Díky velkému rozmachu automobilového průmyslu, zařazují automobilové společnosti do svých vozů stále více asistentů, usnadňujících řízení automobilu. Parkovací asistent je jedním z nich a může sloužit jako zvuková signalizace, nebo jako aktivní parkovací prvek, který dokáže vozidlo sám zaparkovat.

Sensor je složen z plastového pouzdra a samotného systému, ve kterém je piezo disk přilepený na kovové destičce. Při elektrickém impulsu dojde ke zvětšování a zmenšování keramiky, což vyvolá vibraci, která vytváří ultrazvukové vlny. Tyto se šíří směrem překážky, od které se poté odrazí a vrací zpět. V tu chvíli sensor přechází v přijímač, který přijme odražené vlnění, pošle informaci do řídicí jednotky, která vyhodnotí čas mezi jednotlivými impulsy a jejich odrazy a na základě toho určí vzdálenost od překážky. I to je jeden z důvodů, proč se piezu říká "chytrá keramika". Není totiž pouze zdrojem zvukových vln ale i přijímačem.

7.2 Technologický postup výroby

Následující obrázek (obrázek 13) ukazuje postupný sled operací současného výrobního procesu piezo rezistorů, vyráběných ve společnosti EPCOS, s. r. o.



Obrázek 13: Technologický postup výroby. (Vlastní)

Z obrázku vyplývá, že výrobní proces je rozdělen do devíti stanovišť. Jednotlivé činnosti v rámci těchto stanovišť, budou popsány v následujících podkapitolách, doplněny o procesní diagramy, rozdělující jednotlivé kroky na operace, manipulace, transport, kontrolu a skladování.

7.2.1 Lisování

Prvním krokem výroby piezo rezistorů, je lisování. Tento proces představuje stlačení práškové směsi ve speciální formě. Stlačením pod velkým tlakem dochází k ustálení směsi a přeměně na pevné skupenství, tedy prvotní podobu sledovaného výrobku. Tento krok výrobního procesu je zajišťován lisem s automatickým překládacím ramenem, které rovná jednotlivé kusy na přepravní paletku. V momentě, kdy je paletka naplněna, ji automat posouvá na místo odběru. Zde ji vyzvedne pracovník a přemístí ji do pojízdného zásobníku.



7.2.2 Slinování

Slinování neboli spékání, představuje proces samovolného zpevňování komprimovaných práškových látek při vysokých teplotách. V případě výroby piezo rezistorů, se jedná o naložení na dopravníkový pás, průchod pecí a následné vyskládání z pásu.



7.2.3 Lapování

Dalším výrobním procesem je lapování. Je to druh strojního obrábění, který technicky spadá do oblasti broušení a leštění. Nejedná se však o úpravu geometrie, nýbrž o změnu drsnosti materiálu. Jednotlivé kusy jsou zde natřepány do šablon a pomocí mechanického ramene s přísavkami jsou přeneseny na lapovací kotouč, kde probíhá následné lapování. Poté následuje opláchnutí hotových kusů a lázeň v demineralizované vodě, která odstraní zbytky lapovací směsi. Posledním krokem tohoto procesu je sušení v peci.



7.2.4 Metalizace

Prvním krokem v této fázi výroby je oddělení zmetků (mechanicky poškozených kusů). Toto se provádí za pomoci speciálního síta. Po oddělení zmetků se zbytek kusů natřepává do šablon, tzv. lísek a vkládá se na dopravník. Následuje proces metalizace, kde jsou kusy pomocí stroje potištěny metalizační pastou a absolvují cestu skrze pec a dopravník s ventilátory, který dopraví potištěné a zaschlé kusy zpět na výchozí místo. Zde se kusy pomocí šablon přetočí druhou stranou vzhůru a celý proces se opakuje z důvodu potištění druhé strany. Hotové kusy pokračují na výpál po metalizaci.



7.2.5 Výpál po metalizaci

Jak již vyplývá z názvu pracoviště, jedná se o výpál na speciálních pecích. Proces se skládá s přeložení kusů do vypalovacích lísek, vyskládání na běžící pás, samotný výpál a vyskládání z pásu na přepravní paletu. Obě strany se vypalují současně, tudíž není potřeba proces opakovat pro obě strany zvlášť.



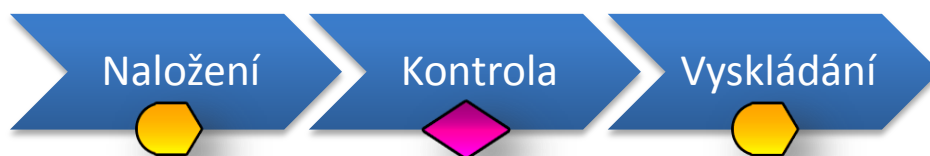
7.2.6 Pólování

Procesem pólování rozumíme vkládání vypálených kusů do přehřáté pólovací pece, kde kusy získávají stejnou polaritu. Po vyjmutí z pece musí kusy 3 hodiny chladnout v zásobníku. Po vychladnutí jsou připraveny k dalšímu procesu.



7.2.7 RK - Kontrola I

Při prvním měření RK, se po vložení do přístroje kontroluje pouze elektrický odpor piezo rezistoru. Po dokončení měření se kusy odkládají do zásobníku, kde dále chladnout po dobu 3 hodin.



7.2.8 RK - Kontrola II

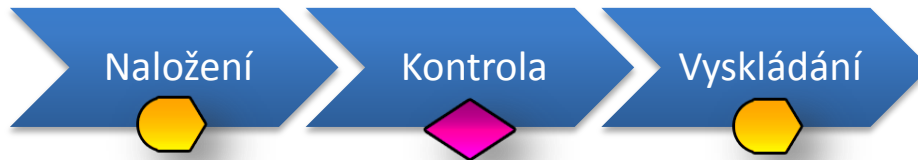
Po vychladnutí kusy absolvují stejný proces jako u první RK kontroly, avšak tentokrát se měří nejen odpor, ale také mechanická kvalita, rezonance, kapacita apod. Po dokončení kusy putují do zásobníku.



7.2.9 Optická kontrola

Posledním krokem ve výrobě piezo rezistorů je optická kontrola. Zde se kusy vkládají do přístroje, kontrolující pomocí optiky finální kvalitu výrobku, jako je rozměr, zarovnání

metalizace a další. Na konci dopravníku jsou kusy automaticky roztříděny. Dobré kusy jsou skládány do přepravních nádobek a zmetky jsou roztříděny do kontejnerů, dle druhu poškození.



7.3 Mapování procesů

Pro mapování jednotlivých procesů a hodnotových toků výroby piezo rezistorů ve společnosti EPCOS s. r. o. a jejich následnému znázornění, jsem využil procesní analýzu a mapování hodnotového toku. Potřebná data byla získávána pomocí časových snímků, videozáznamů, rozhovorů s pracovníky, simulací procesů, měření rozměrů a pozorování. Jelikož se jedná o neplynulou, dávkovou výrobu, kde každé pracoviště je schopno zpracovávat jiné množství rezistorů, bude jako základní množství stanovena velikost jedné výrobní dávky na 100 000 kusů. Mapování procesů ztěžovala skutečnost, že se celá výroba nachází ve fázi zavádění a testování. Časté změny výrobních dávek, pracovních postupů, počtu pracovníků na jednotlivých pracovištích a nepravidelnost výroby, mohli zkreslit výstupy následujících analýz. Veškeré časy jsou uváděny v minutách a setinách minut.

7.3.1 Procesní analýza

Z informací, které poskytují předchozí podkapitoly technologického postupu výroby, lze po doplnění časů přepravy mezi jednotlivými pracovišti, vzdálenostmi jednotlivých pracovišť, době trvání jednotlivých operací a počtu pracovníků, kteří tyto operace vykonávají, sestavit procesní mapu celého výrobního procesu. Časy mezikladů nejsou uvedeny, jelikož jsou vysoce variabilní. Jednotlivé operace jsou detailně procesně popsány a rozděleny na jednotlivé typy již v předchozích podkapitolách, proto jsou v následující mapě uváděny vždy jednotně pod symbolem operace z důvodu zpřehlednění. Modrá čáry spojující jednotlivé operace, představují komplexnost celého procesu, přičemž snahou je dosažení čar v co nejúžším rozpětí. Takto vyhotovená mapa, uvádějící průchod výrobní dávky o velikosti 100 000 kusů výrobním procesem, je znázorněna níže uvedenou Tabulkou (Tabulka 7).

Tabulka 7: Procesní analýza. (Vlastní)

činnosti	operace	transport	kontrola	skladování (min)	vzdálenost (m)	doba trvání (min)	počet pracovníků
lisování	O					1 411,76	1
mezisklad				Δ		-	
transport		→			19	1,34	
slinování	O					1 470,59	1
mezisklad				Δ		-	
transport		→			13	35,17	
lapování	O					2 407,41	2
manipulace	O					10,00	
mezisklad				Δ		-	
transport		→			100	20,61	
kontrola			◇			18,00	
metalizace I	O					344,83	3a
manipulace	O					5,00	
metalizace II	O					541,87	3a
mezisklad				Δ		-	
transport		→			21	5,58	
výpal	O					566,50	1
mezisklad				Δ		-	
transport		→			63	1,49	
manipulace	O					2,40	
pólování	O					1477,84	1
mezisklad				Δ		-	
transport		→			2	0,06	
rk měření I			◇			1 527,09	1a
mezisklad				Δ		-	
transport		→			2,5	0,10	
rk měření II			◇			1 793,10	1a
mezisklad				Δ		-	
transport		→			2	0,06	
optická kontrola			◇			1 300,49	1a
balení	O					-	
mezisklad				Δ		-	
celkem							10
četnost	11	8	4	9			
součet časů (min)						12 941,29	
vzdálenost (m)					222,5		

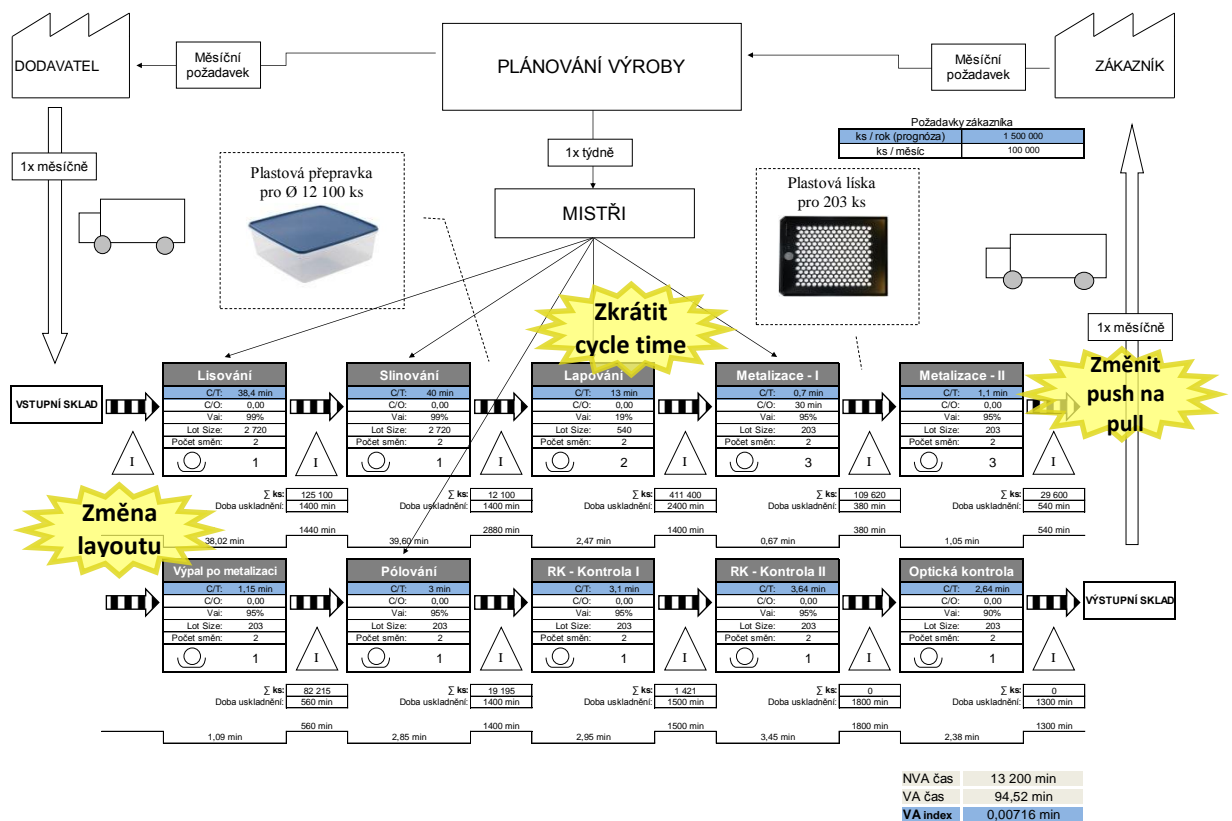
Celý proces se skládá z celkem 11 operací, 8 transportů, 4 kontrol a 9 mezisklady. Přímých pracovníků ve výrobě piezo rezistorů je 10. Výrobek urazí na své cestě výrobou vzdálenost celkem 222,5 metrů. Suma časů, potřebných ke zpracování, přepravu a kontrolu výrobku je v součtu přibližně 12 941 minut.

7.3.2 Mapování hodnotového toku (VSM)

K účelům zachycení a zobrazení současného stavu výrobního procesu piezo rezistorů ve společnosti EPCOS s. r. o., byla využita metoda mapování hodnotového toku. Při sestavování map současného i budoucího stavu, byly využívány informace, které jsou zachyceny v teoretické části této práce.

7.3.2.1 Mapa současného stavu

Hlavními překážkami při sestavování mapy hodnotového toku, byly výše zmíněné skutečnosti, že se jedná o neplynulou výrobu v testovací fázi. Následující obrázek (Obrázek 14) zachycuje mapu současného stavu, jejíž originál lze nalézt v příloze P I.

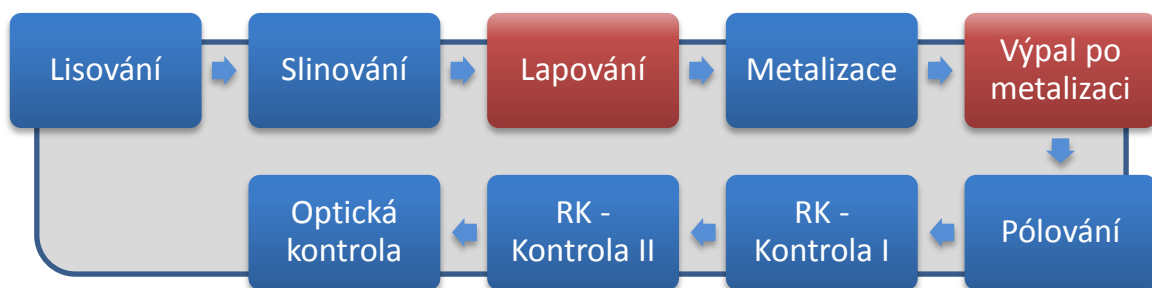


Obrázek 14: Mapa současného stavu. (Vlastní)

Z mapy vyplývá, že součet časů nepřidávajících výrobku hodnotu činí 13 200 minut, přičemž součet časů přidávajících výrobku hodnotu činí pouze 94 minut a 31 sekund. VA index získaný poměrem těchto časů, poté nabývá hodnoty 0,00716. Výrobní proces se skládá z deseti hlavních operací, k jejichž zajištění je potřeba celkem deseti pracovníků. Jako pracoviště s nejnižším VA index byla označena lapovna s VA index na úrovni 19%.

7.3.3 Výběr pracovišť k optimalizaci

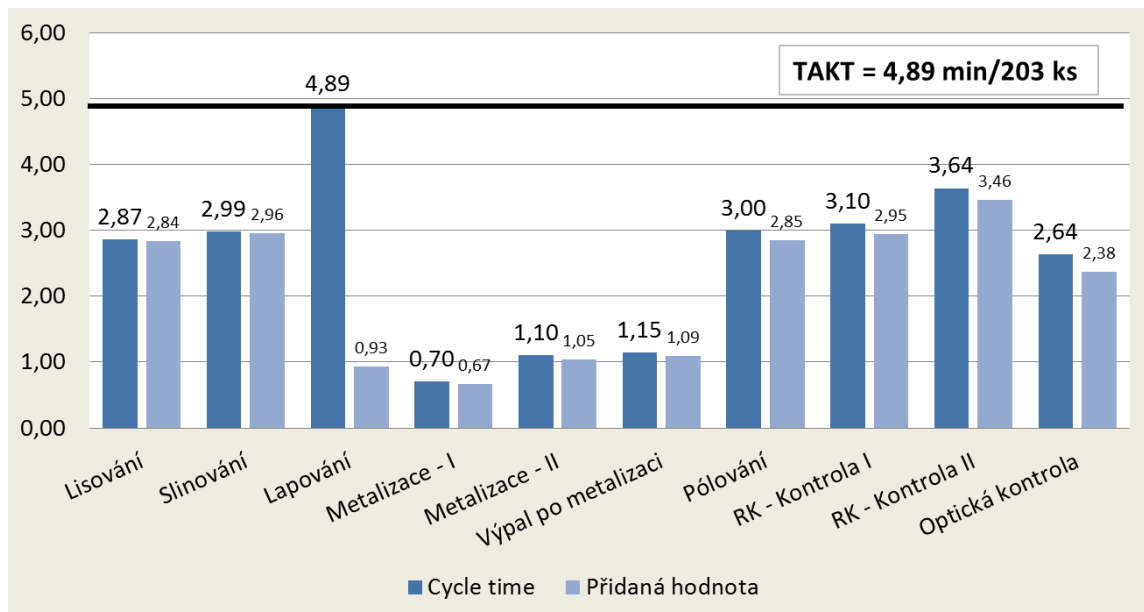
Po zmapování procesů společně s jednotlivými pracovišti a vyhotovení procesní analýzy a mapy hodnotového toku, byla k detailní analýze a optimalizaci vybrána pracoviště lapovna a výpal po metalizaci.



Obrázek 15: Pracoviště vybraná k optimalizaci. (Vlastní)

Pracoviště lapovna bylo vybráno z důvodu nízkého VA indexu s hodnotou 19%, který naznačuje, že čas činností nepřidávajících výrobku hodnotu, značně převyšuje čas činností hodnotu výrobku přidávajících. Požadavkem tedy bude zajistit podrobnou analýzu činností pracovníka ve snaze zmapovat jednotlivé operace a odstranit ty, které výrobku hodnotu nepřidávají, či alespoň zkrátit dobu potřebnou k jejich výkonu. Druhým důvodem byla skutečnost, že při přepočtu cyklových časů na 203 kusů, tj. velikost jedné lísky, pracoviště výrazně převyšuje takt 3 minut, který ostatní pracoviště splňují. V současné době je takt pracoviště 4,89 minut na jednu lísku, což má za následek zpomalení celé výroby a pracoviště lapovna se tak stává úzkým místem celého výrobního procesu.

Pracoviště výpal po metalizaci sice nevykazovalo výrazně nízkou hodnotu tohoto indexu, avšak při sběru dat jsem zaznamenal možnosti potenciálních zlepšení stávajícího stavu a po konzultaci s vedením společnosti bylo toto pracoviště vyhodnoceno jako vhodné k optimalizaci. U tohoto pracoviště bude analýza směřovat směrem ke zhodnocení vhodnosti prostorového rozložení pracoviště.



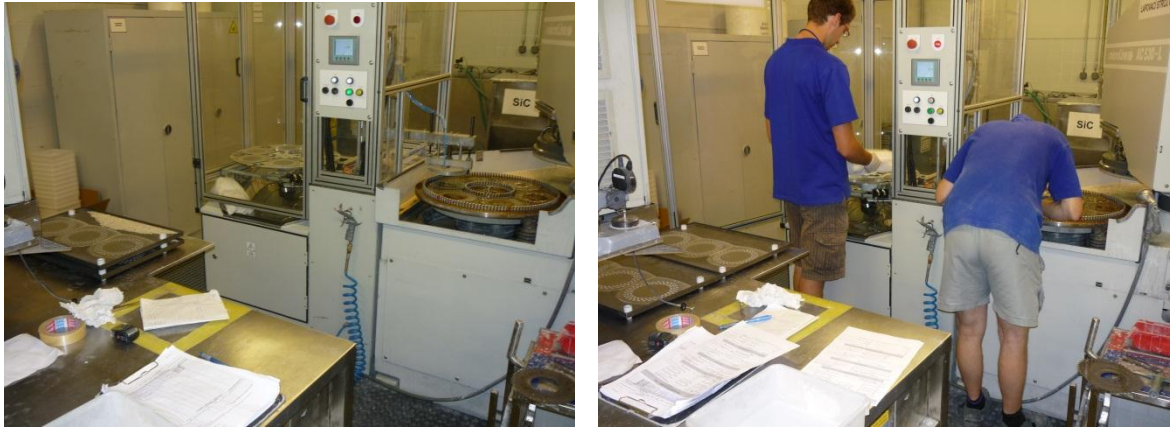
Obrázek 16: Takt time výrobního procesu. (Vlastní)

7.4 Analýza vybraných pracovišť

Cílem této podkapitoly je nalézt příčiny plýtvání pomocí metod průmyslového inženýrství a vytyčit příležitosti k optimalizaci na vybraných pracovištích – lapovna a výpal po metalizaci. Hlavními oblastmi, kterými se budou následující strany zabývat, jsou prostorová rozložení pracovišť, analýza činností pracovníků a ergonomie vybraných pracovišť.

7.4.1 Analýza pracoviště lapovna

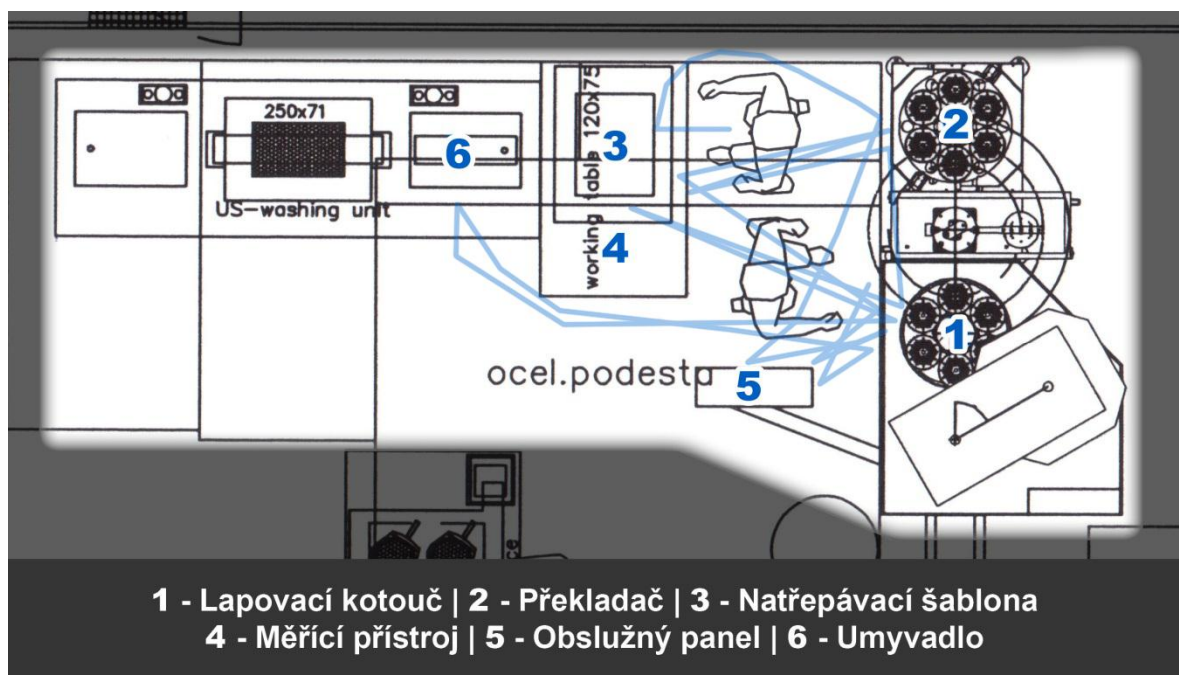
Ze všech výše uvedených informací bylo zřejmé, že nejdůležitějšími úkoly analýzy tohoto pracoviště bude detailní zmapování pracovního postupu a prověření prostorového rozložení pracoviště společně s jeho ergonomickými podmínkami. K těmto účelům jsem využil zejména časových snímků pracoviště, fotografií a videozáznamu. Náhled pracoviště lapovna je zachycen níže na fotografiích (Obrázek 17).



Obrázek 17: *Náhled pracoviště lapovna. (Vlastní)*

7.4.1.1 Prostorové rozložení pracoviště

Pracoviště lapovna je tvořeno šesti hlavními prvky, které pracovník využívá při lapování piezo rezistorů a které společně s číselnými označeními a názvy těchto prvků popisuje následující obrázek.



Obrázek 18: *Layout pracoviště lapovna. (Vlastní)*

Pozorováním pohybu pracovníka po pracovišti (na obrázku značeno modrými čarami) a videozáznamem pracoviště jsem objevil dvě základní problematická místa.

Prvním problematickým místem je protilehlé rozmístění překládacího stroje a místa, kde pracovník natřepává piezo rezistory do šablon. Při výměně prázdných šablon za plné se musí pracovník otočit o celých 180 stupňů. Při šesti šablonách je tedy tento úkon potřeba zopakovat šestkrát za sebou, což znatelným způsobem prodlužuje celý proces nakládání a vykládání šablon s piezo rezistory. Část problému představují také dvířka překládacího přístroje, která se otvírají manuálně pomalým vyklápěcím způsobem a pracovník tak musí při každém otevření ustoupit stranou a učinit krok navíc. Čas potřebný k vykonání těchto činností lze označit za plývání, jelikož výrobku nepřidává hodnotu, ani jej nepřibližuje zákazníkovi.

Druhým, již méně kritickým místem procesu, je vzdálenost lapovacího kotouče a umyvadla určeného k oplachu piezo rezistorů od zbylé lapovací směsi. Vzdálenost mezi těmito prvky pracoviště také prodlužuje délku trvání celého procesu.

Jelikož prostorové rozložení pracoviště neboli layout se velkou měrou promítá na efektivnost výkonu pracovních činností, budu se v následující podkapitole zabývat právě analýzou činností pracovníka.

7.4.1.2 Analýza činnosti pracovníka

Vytvoření několika časových snímků, bylo prvním opatřením analýzy činnosti pracovníka. Z těchto časových snímků jsem sestavil popis pracovního postupu, který jsem sumarizoval v tabulce (Tabulka 8) a diagram (Obrázek 19), zachycující posloupný sled operací včetně jednotlivých i průběžných časů. Ukázkou časového snímku pracoviště lapovna lze nalézt v příloze P III.

Jako začátek cyklu jsem stanovil stisk tlačítka, zahajující překlad lísek na lapovací kotouč. Jakmile jsou lísky přeneseny, pracovník nastaví stroj pomocí obslužného panelu a začne rovnat špatně uložené kusy ručně do klecí. Po zarovnání provede detailní optickou kontrolu, aby se ujistil, že všechny kusy jsou již správně zasazeny. Špatné usazení by totiž mohlo způsobit křivost lapovacích ploch, nebo stroj poškodit. Když je hotov, uvede stroj do chodu pomocí obslužného panelu. Následuje další optická kontrola, kterou pracovník kontroluje, zdali je chod stroje bez zjevných problémů. Je-li vše v pořádku, přechází k pracovnímu stolu, kde vloží prázdné lísky do šablony určené k natřepávání a kusy pomocí šablony do lísek natřepe. Poté přechází k překládacímu stroji, otevírá dvířka a

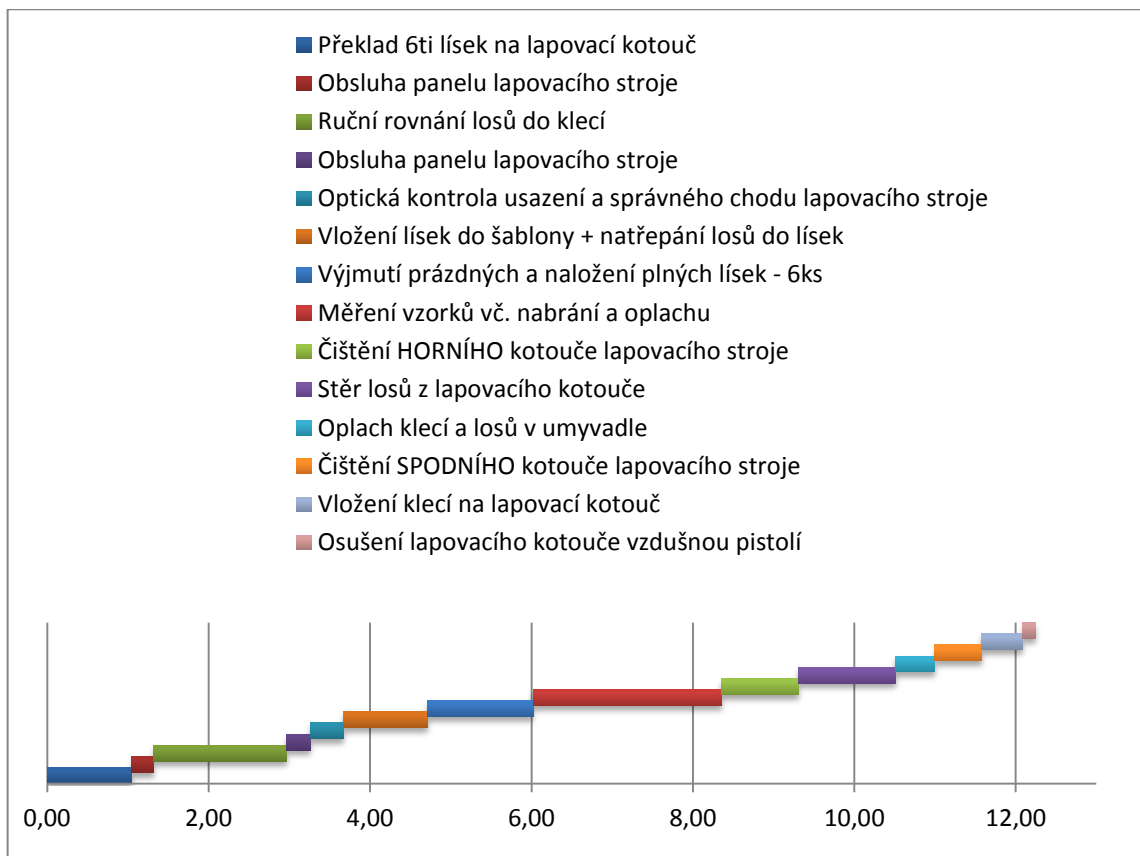
mění prázdné lísky za plné, zrovna natřepané. Než dodělá tuto operaci, lapovací stroj dokončí svůj program a odsune horní lapovací rameno, aby tak mohl pracovník setřít z kotouče olapované kusy. Ještě předtím ale nabere jeden vzorek z každé klece, jehož hodnoty zkontroluje pomocí měřicího přístroje. Poté očistí speciální stěrkou horní lapovací kolo a kusy které z něj opadají na spodní lapovací kotouč, setře stejnou stěrkou na plechovou lopatku. Kusy přeneše k umyvadlu, kde provede jejich oplach. Závěrem opláchně i spodní lapovací kolo, na které uloží s přesností šest klecí. Celou plochu osuší vzdušnou pistolí a zmačknutím tlačítka pro zahájení překlada kusů na lapovací kotouč spustí další cyklus.

Tabulka 8: *Současný technologický postup. (Vlastní)*

Číslo operace	Průběžný čas	Čas operace	Název operace
1.	1,05	1,05	Překlad 6 lísek na lapovací kotouč
2.	1,32	0,27	Obsluha panelu lapovacího stroje
3.	2,97	1,65	Ruční rovnání kusů do klecí
4.	3,26	0,29	Obsluha panelu lapovacího stroje
5.	3,67	0,41	Optická kontrola usazení a chodu lapovacího stroje
6.	4,71	1,04	Vložení lísek do šablony + natřepání kusů do lísek
7.	6,02	1,31	Vyjmutí prázdných a naložení plných lísek - 6ks
8.	8,35	2,33	Měření vzorků vč. nabrání a opláchnutí
9.	9,31	0,96	Čištění HORNÍHO kotouče lapovacího stroje
10.	10,51	1,20	Stěr kusů z lapovacího kotouče
11.	11,00	0,49	Opláchnutí klecí a kusů v umyvadle
12.	11,58	0,58	Čištění SPODNÍHO kotouče lapovacího stroje
13.	12,09	0,51	Vložení klecí na lapovací kotouč
14.	12,24	0,15	Osušení lapovacího kotouče vzdušnou pistolí
Celkem:	12,24	min	

Při celkovém počtu 14 operací vychází průměrný čas cyklu na 12,24 minuty. Modře vyznačené operace probíhají za chodu stroje, zbytek času se stroj nachází v nečinném

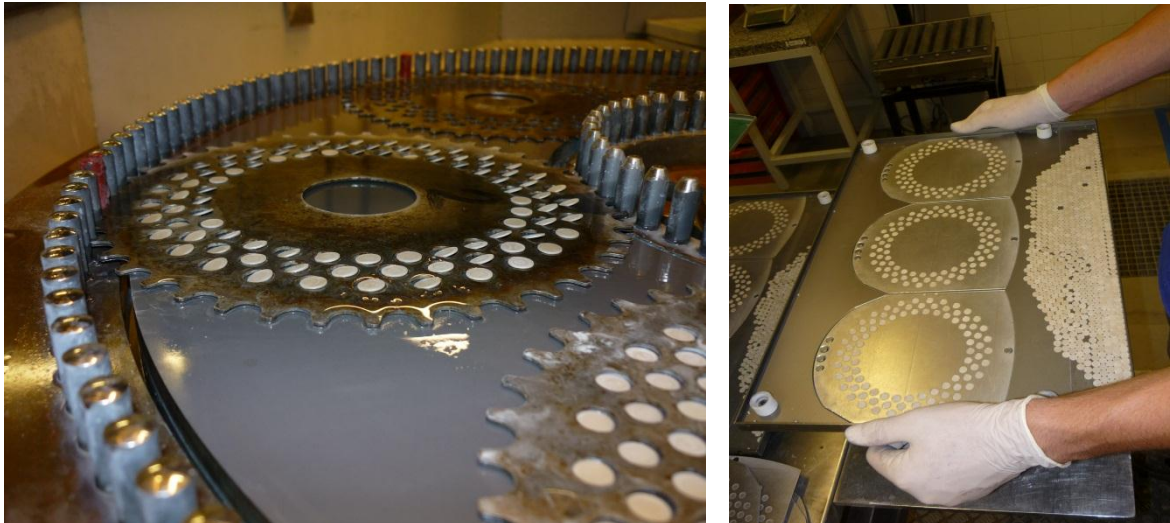
stavu. Z dat obsažených v tabulce jsem sestrojil ganttův diagram, který graficky přehledně znázorňuje průběh operací a jejich vzájemný délkový poměr.



Obrázek 19: Ganttův diagram pracoviště lapovna. (Vlastní)

Nejdelšími operacemi celého procesu jsou ruční rovnání kusů do klecí, vyjmutí prázdných a naložení šesti kusů plných lísek a měření vzorků společně s nabráním a opláchnutím piezo rezistorů.

V předchozí kapitole byla objasněna příčina dlouhého operačního času nakládání a vykládání šablon z překládacího stroje. Druhý nejdelší operační čas mezi zmíněnými operacemi zabírá ruční rovnání kusů do klecí (na obrázku X značena tmavě zelenou barvou). Jedná se zároveň o časově nejproměnlivější operaci, závislou na množství špatně usazených kusů při automatickém překladač z překladače na lapovací kotouč. Tento nechtěný jev, při kterém piezo rezistory nezapadnou přesně do určených děr lapovací klece, zachycuje následující obrázek (Obrázek 20).



Obrázek 20: Lapovací kotouč s rozsypanými kusy (vlevo) a natřepávací šablona (vpravo).
(Vlastní)

Špatně usazené kusy musí být do děr ručně zarovnávány, přičemž doba potřebná k zarovnání a optické kontrole správného usazení se pohybuje nejčastěji v rozmezí 1 až 2,5 minuty. Toto místo pracovního procesu lze označit za kritické.

7.4.1.3 Vyhodnocení současného stavu a příležitosti k optimalizaci

V době analýzy zastával práci na pracovišti vždy pouze jeden pracovník, přičemž jednotlivé cyklové časy na směnách byly velice variabilní, zejména v závislosti na míře zapracovanosti pracovníků. Cyklový čas se však nikdy nedostal na požadované 3 minuty na lísku, resp. 8 minut na jednu dávku lapovacího stroje. Důsledkem toho se společnost rozhodla krátce před koncem analýzy obsadit pracoviště dvěma pracovníky, kteří si jednotlivé operace rozdělí. Nižší cyklový čas se po rozdělení činností mezi dva pracovníky dostává na hodnotu přibližně 8,5 minut, avšak pro společnost představuje výrazné zvýšení nákladů. Hlavní příležitosti pro optimalizaci vidím ve změně technologického postupu nakládání piezo rezistorů na lapovací kotouč a změně layoutu pracoviště.

Tabulka 9: Výstup analýzy pracoviště lapovna. (Vlastní)

Problematické místo	Typ plýtvání	Cíl optimalizace	Metody k odstranění problému
Technologický postup	NVA Procesy	Zkrátit dobu cyklu na 3 minuty	Časový snímek, videozáznam, pozorování, CAD
Rozložení pracoviště	Layout	Zkrátit vzdálenosti mezi jednotlivými stanovišti pracoviště	Spaghetti diagram, měření

7.4.2 Analýza pracoviště výpal po metalizaci

Prvním krokem analýzy daného pracoviště, bylo vytvoření dvouhodinového časového snímku, společně se sledováním ergonomických podmínek pracoviště. Dalším krokem bylo vytvoření layoutu pracoviště a jeho analýza pomocí spaghetti diagramu. Náhled pracoviště výpalu po metalizaci společnosti EPCOS s. r. o. promítá přiložená fotografie.



Obrázek 21: *Náhled pracoviště výpal po metalizaci. (Vlastní)*

7.4.2.1 Analýza činnosti pracovníka

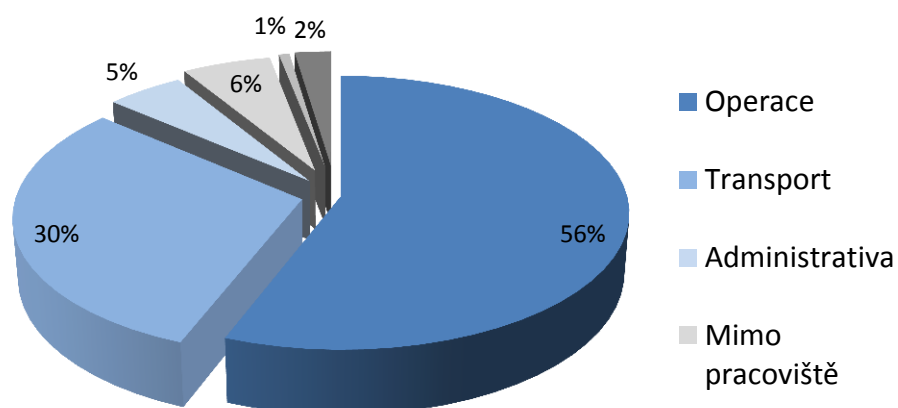
Délka cyklu, po jejímž uplynutí se začnou jednotlivé operace opakovat, trvá v této části výrobního procesu přibližně 3,5 minuty. Z tohoto důvodu jsem shledal dvouhodinový snímek jako dostačující. Jelikož délka jednotlivých operací byla velice krátká a jejich frekvence příliš vysoká pro klasický způsob zápisu, vytvořil jsem si pomocný, rychlejší systém zaznamenávání. Tento systém byl inspirován rozdělením, využívaným při tvorbě procesních map. Před samotným měřením jsem tedy vytvořil šest základních kategorií,

přičemž každé jedné kategorii jsem přiřadil vlastní zkratku. Jednotlivé zkratky a činnosti obsažené v daných kategoriích uvádí následující tabulka.

Tabulka 10: *Přehled užitých zkratk. (Vlastní)*

Zkratka	Kategorie	Typy operací
O	Operace	Hlavní a podpůrné činnosti
T	Transport	Přenos materiálu, pohyb po pracovišti
A	Administrativa	Zápis do loskarty, popis štítků
M	Mimo pracoviště	Čas strávený mimo pracoviště
K	Korekce	Náprava chybných úkonů
R	Rozhovor	Rozhovor s ostatními pracovníky

V průběhu vytváření časového snímku jsem tak vždy k danému náměru přiřadil pouze zkratku skupiny, do které daná činnost spadala. Po vyhodnocení dat, nasbíraných uvedeným způsobem, jsem sestavil koláčový graf. Tento graf vyjadřuje procentuální zastoupení jednotlivých typů operací, obsažených ve dvouhodinovém snímku.



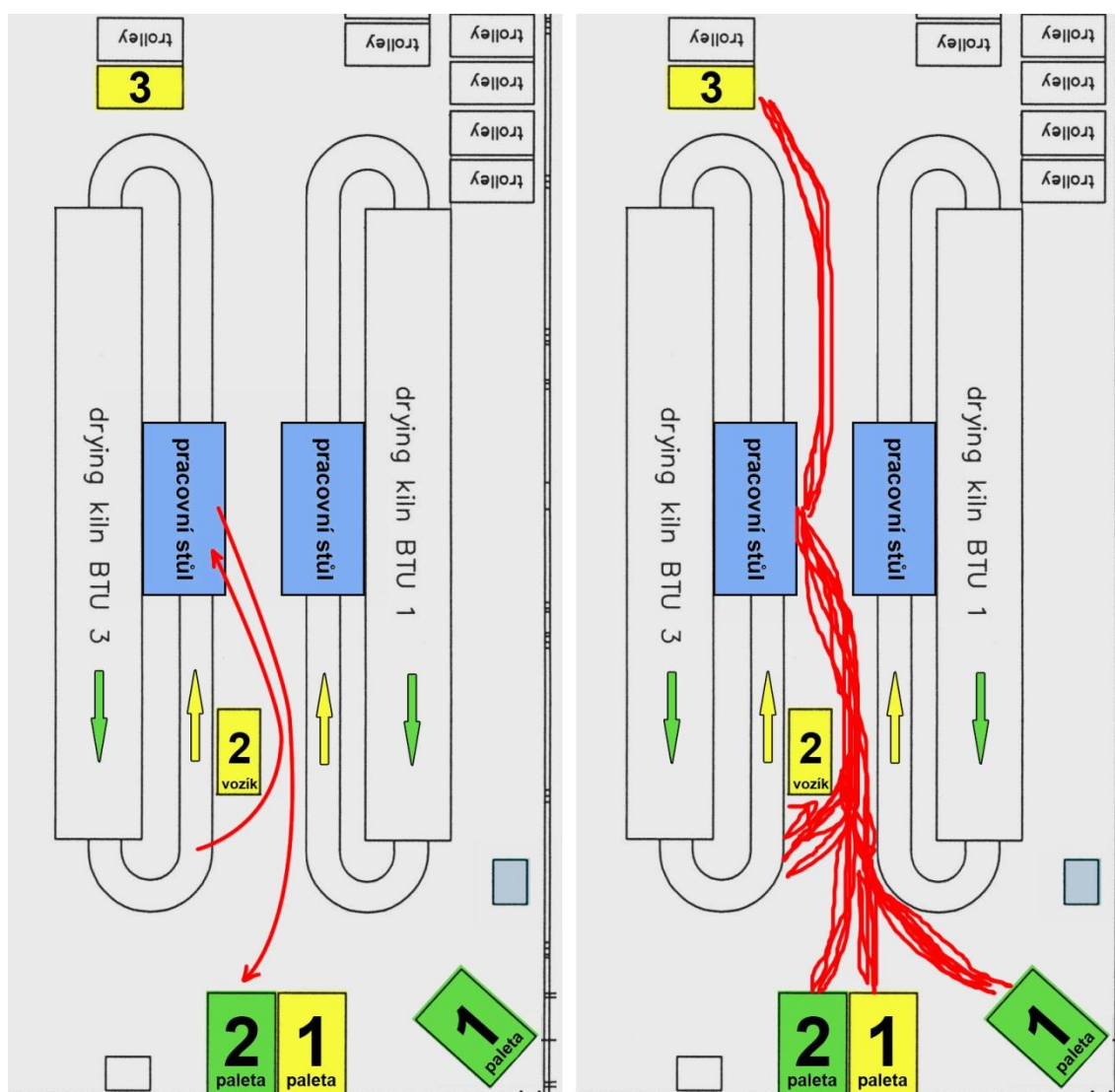
Obrázek 22: *Procentuální zastoupení jednotlivých činností. (Vlastní)*

Jak lze vypožorovat z výše uvedeného grafu, transport představuje 30% z celkového počtu operací. Nadměrný transport neboli přeprava je sám o sobě jedním z hlavních představitelů

plytvání ve výrobě a tedy bylo zřejmé, že největší část pozornosti je nutno nasměřovat na pohyby a přesuny na pracovišti, které do skupiny transport spadají. Pro tuto část analýzy jsem využil zejména spaghetti diagram a poznatky z teoretické části o správných ergonomických podmínkách na pracovišti.

7.4.2.2 Prostorové rozložení pracoviště

Následující obrázek (Obrázek 23) rozdělený do dvou částí, ukazuje současný stav prostorového rozložení pracoviště výpalu po metalizaci.



Obrázek 23: Současný layout pracoviště výpalu po metalizaci. (Vlastní)

V prostoru pracoviště výpalu po metalizaci se nachází dvě pece, přičemž každá pec zprostředkovává výpal jiných výrobků. Piezo rezistory jsou vypalovány na peci

s označením BTU 3, která je na výše uvedeném obrázku (Obrázek 23) vlevo. Ke každému stroji, BTU 1 i BTU 3, připadá jeden prostor vyhrazený pro vstupní materiál, jeden pro výstupní materiál, jeden pracovní stůl uprostřed boční stěny pece a krabice na odkládání rukavic určených k praní. Na pracovišti se v současné době nachází ještě třetí prostor vyhrazený pro vstupní materiál (na obrázku označen číslem 3), do kterého odkládá operátor prázdné lísky. Barevné šipky zobrazené na pecích, naznačují směr, kterým se dopravníkový pás pohybuje. V drtivé většině případů obsluhuje obě pece pouze jeden pracovník.

Červené šipky v levé části obrázku (Obrázek 23) představují dráhu, kterou musí pracovník urazit, aby mohl vykonávat svoji hlavní činnost – skládání rezistorů do přepravních bedýnek. Musí tedy dojít z prostřední části pece až k jejímu okraji, kde nabere vypálené kusy z pece a poté se s nimi vrací ke svému pracovnímu stolu, u něhož vykonává hlavní činnost. Když naplní přepravku požadovaným množstvím vypálených kusů, vrací se s ní opět k okraji pece, kde ji složí do prostoru určenému pro výstupní materiál.

Pravá strana obrázku (Obrázek 23), vytvořena pomocí tzv. spaghetti diagramu, zachycuje pomocí červených čar pohyb pracovníka po pracovišti. Z těchto čar lze vypočítat skutečnost, že pracovník se neustále pohybuje podél celé délky pece. V průměru musí urazit při každém cyklu vzdálenost přibližně 40 metrů. Chůze tak představuje výraznou část pracovní doby, aniž by výrobku přidávala hodnotu.

7.4.2.3 Ergonomické podmínky pracoviště

Z hlediska ergonomie práce je pracoviště nevyhovující zejména v prostorách určených k nakládání a vykládání vstupního a výstupního materiálu. Materiál leží pouze na jedné paletě ve výšce přibližně 15cm nad zemí. Nakládání a vykládání materiálu tedy vyžaduje plný předklon pracovníka, což lze z ergonomického i časového hlediska označit jako nevyhovující. Zbylá část pracoviště výpalu po metalizaci odpovídá požadavkům správné ergonomie pracoviště. Prostor určený k ukládání výstupního materiálu dokumentuje níže uvedený obrázek (Obrázek 24).



Obrázek 24: Ukázka skladování materiálu (vlevo) a líska s 203 kusy (vpravo). (Vlastní)

7.4.2.4 Vyhodnocení současného stavu a příležitosti k optimalizaci

Z analýzy současného stavu pracoviště výpalu po metalizaci vyplynulo, že hlavní příležitosti k optimalizaci se nachází zejména ve změně layoutu pracoviště a způsobu, jakým je ukládán výstupní materiál. Úprava prostorového rozložení pracoviště by měla zkrátit vzdálenosti, které musí pracovník při každém cyklu urazit a které jsou považovány za formu plýtvání, jež výrobku nepřidává hodnotu. Způsob, jakým je ukládán výstupní materiál nevyhovuje ergonomickým podmínkám a tedy je potřeba jej těmto podmínkám přizpůsobit. Optimalizací těchto prvků se bude zabývat následující kapitola.

Tabulka 11: Výstupy analýzy pracoviště výpal po metalizaci. (Vlastní)

Problematické místo	Typ plýtvání	Cíl optimalizace	Metody k odstranění problému
Vzdálenosti na pracovišti	Nadměrná chůze	Zkrátit vzdálenosti mezi jednotlivými stanovišti pracoviště	Spaghetti diagram, časový snímek, pozorování
Ukládání materiálu	Špatná ergonomie	Přizpůsobit ukládání materiálu vhodným ergonomickým podmínkám	Zásady ergonomie pracoviště, CAD

8 NÁVRHY OPTIMALIZACE

8.1 Optimalizace pracoviště lapovna

Na následujících stranách bude detailně rozepsán a objasněn nový technologický postup, konstrukce pomůcek potřebných k jeho zajištění a návrh nového layoutu pracoviště. Současný technologický postup je podrobně popsán v sekci analýza pracoviště lapovna. Z této analýzy jasně vyplývá, že nejužším místem celého procesu je způsob, jakým jsou piezo rezistory nakládány na lapovací kotouč. Pokud z celkového procesu lapování separuji pouze procesy týkající se nakládání a vykládání piezo rezistorů, dostávám pět operací, uvedených v tabulce 12.

Tabulka 12: *NVA operace pracoviště lapovna. (Vlastní)*

Název operace	Čas operace (min)
Překlad 6 lísek na lapovací kotouč.	1,05
Ruční rovnání kusů do klecí.	1,65
Vložení lísek do šablony a natřepání kusů do lísek.	1,04
Vyjmutí prázdných a naložení plných lísek.	1,31
Vložení klecí na lapovací kotouč.	0,51
Celkem	5,56

Tyto operace představují ve svém součtu 5,56 minut velkou část z celkového časového fondu procesu lapování a jsou prováděny za nečinnosti stroje. Lze tedy konstatovat, že se jedná o jakousi formu plýtvání, nepřidávající výrobku hodnotu. Hlavním úkolem optimalizace pracoviště je tedy úplně odstranit, nebo alespoň zkrátit tyto operace.

Návrh, který v této práci představuji, umožňuje kompletní odstranění čtyři ze zmíněných pěti operací a zkrácení operačního času zbylé jedné.

8.1.1 Konstrukce nových pracovních pomůcek

Aby bylo možné změnit celý technologický postup nakládání a vykládání piezo rezistorů na lapovací kotouč, je nezbytné prvně zkonstruovat pracovní pomůcky, které tento nový postup umožňují. Celkem je pro dosažení požadovaného výsledku nutno sestrojít 3 nové pracovní pomůcky. Modely těchto pomůcek jsem nakreslil a zpracoval ve studentské verzi CAD programu Inventor. Poměrové vztahy modelů odpovídají skutečnosti, avšak

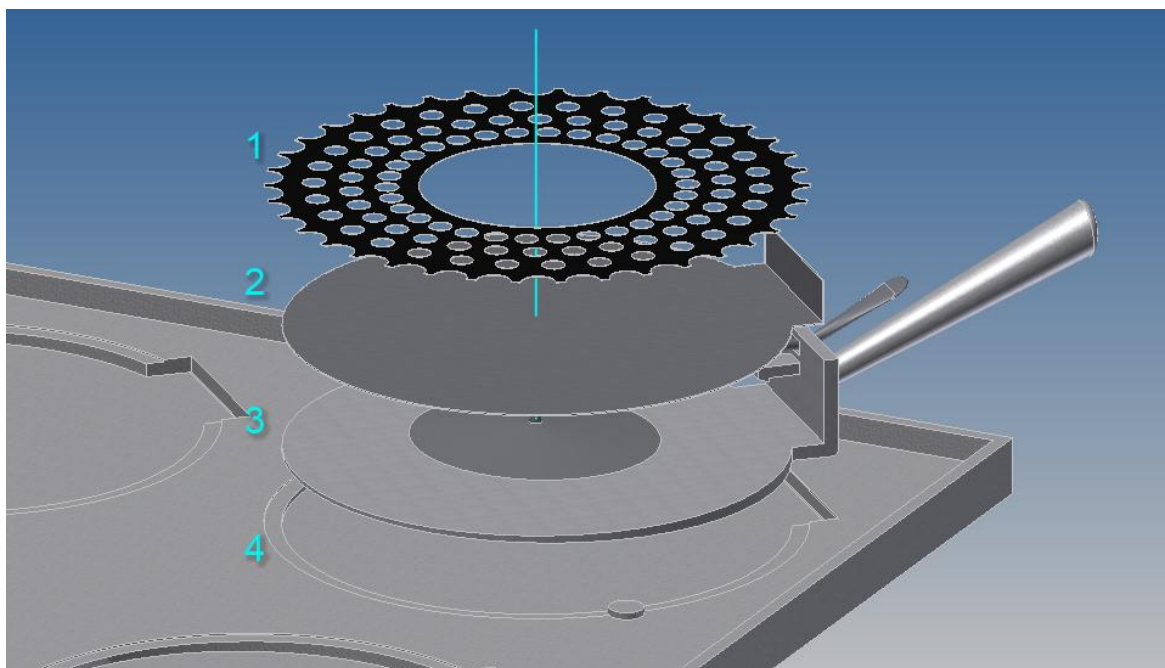
konkrétní rozměry modelů považuji pro účely této práce za irelevantní, tudíž je u modelů neuvádím. Následující podkapitoly představí celou sestavu i jednotlivé modely nových pomůcek.

8.1.1.1 Sestava pracovních pomůcek

Navrhovaná sestava se skládá celkem ze čtyř částí, přičemž jedna z částí je již v současné době v procesu lapování využívána a její konstrukce tedy není potřebná. Jednotlivé části v sestavě představují tzv. patra a jejich pracovní názvy jsou následující:

- lapovací klec,
- pomocné mezipatro,
- nosná lopatka,
- šablona pro natřepávání.

Náhled celé sestavy nových pracovních pomůcek rozložený do jednotlivých pater v pořadí, ve kterém na sebe budou skládány, představuje obrázek 25.

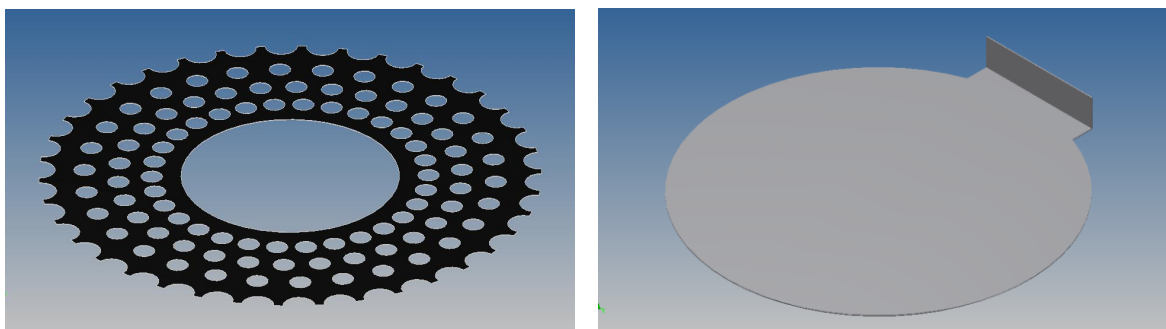


Obrázek 25: Náhled celé sestavy modelu pracovních pomůcek. (Vlastní)

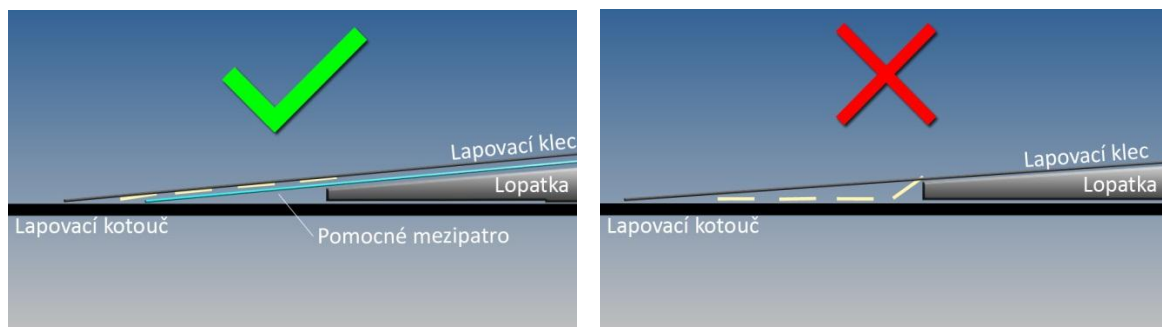
První patro bráno shora dolů tvoří lapovací klec, druhé v pořadí je pomocné mezipatro, třetím patrem je nosná lopatka a posledním, čtvrtým patrem je šablona pro natřepávání. Tyto patra včetně jejich popisu a funkcí jsou následující.

8.1.1.2 Pomocné mezipatro

Nejjednodušším prvkem nové technologie je pomocné mezipatro. Tento feromagnetický ocelový plech o tloušťce 0,5 milimetrů představuje druhou ze čtyř vrstev navrhované soustavy, který svými magnetickými vlastnostmi zajišťuje přilnutí lapovací klece k jeho povrchu a zabraňuje tak možnosti úniku piezo rezistorů prostory vzniklými nerovnostmi první vrstvy, tedy lapovací klece. Druhou funkcí pomocného mezipatra je zajištění bezpečného ukládání lapovacích klecí naplněných piezo rezistory. Bez tohoto pomocného mezipatra by kusy při vytáhnutí třetí vrstvy soustavy propadly vzniklým prostorem na lapovací kotouč a rozsypaly se. Model lapovacího kotouče (vlevo) a pomocného mezipatra (vpravo) uvádí obrázek 26.



Obrázek 26: Lapovací kotouč (vlevo) a model pomocného mezipatra (vpravo). (Vlastní)

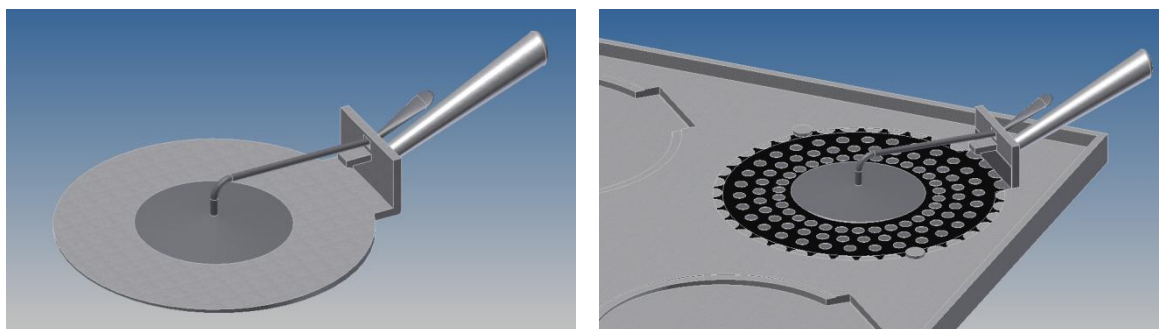


Obrázek 27: Ukázka funkce pomocného patra. (Vlastní)

Pomocné mezipatro je půdorysem kruh, jehož průměr se rovná průměru lapovací klece po odečtení velikosti zubů. Prodloužená část mezipatra je zahnutá směrem nahoru, aby za tuto část mohla být povytažena třetí vrstvou při stahování sestavy z lapovacího kotouče.

8.1.1.3 Nosná lopatka

Nosná lopatka je klíčovým prvkem celé soustavy, skládající se z tří částí. Rukojeti, nosné plochy a přítlačné páky. Hlavní funkcí lopatky je zajištění přenosu mezi šablonou pro natřepávání a lapovacím kotoučem. Po usazení lapovací klece a pomocného mezipatra na lopatku, zajišťuje přítlačná páka, pracující na pružinovém principu stlačeného drátu, stabilitu celé soustavy. Druhou funkcí přítlačné páky je zabránit natřepávaným kusům, aby zapadly do prostředního otvoru lapovací klece a byly tak přeneseny na lapovací kotouč. Malý zobáček umístěný v místě, kde se setkává rukojeť s nosnou plochou, zprostředkovává funkci včasného vysunutí mezipatra při stahování lopatky z lapovacího kotouče. Mezipatro se v určité vzdálenosti o zobáček zastaví a nemůže tak pokračovat v pohybu směrem ven ze soustavy. Nosná plocha lopatky je záměrně zkosená, aby bylo její pokládání snazší a zároveň lépe držela v šabloně při natřepávání.

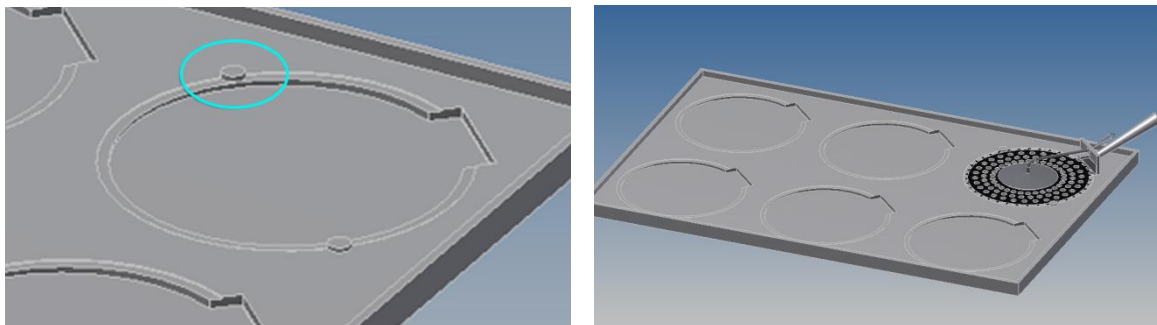


Obrázek 28: Model nosné lopatky. (Vlastní)

Levá strana obrázku zachycuje model nosné lopatky. Vpravo vidíme již celou sestavu pohromadě, usazenou v šabloně.

8.1.1.4 Šablona pro natřepávání

Šablona sama o sobě vychází z již využívané technologie natřepávání, avšak s několika úpravami. Otvory určené k zasazení lopatky spolu se všemi patry jsou samozřejmě negativem rozměrů lopatky samotné. Hlavními rozdíly mezi klasickou šablonou a navrhovanou jsou čepy, na obrázku 29 vlevo, které zabraňují lapovací kleci v otáčení a dvojité prohloubení umožňující zasazení soustavy tak, aby byla zarovnaná s plochou šablony pro natřepávání.



Obrázek 29: Model natřepávací šablony. (Vlastní)

Jedna šablona je uzpůsobena k natřepání šesti lopatek, resp. sestav současně. Způsob, jakým jsou kusy do lapovacích klecí natřepávány, zůstává stejný jako u šablon nynějších.

8.1.1.5 Sušička

Poslední pracovní pomůckou potřebnou k zajištění nového technologického postupu je sušička lapovacích klecí. Funguje na principu sušení pomocí vhněného vzduchu. Tyto sušičky se již na pracovišti lapovna nacházejí, avšak pouze u strojů zpracovávajících jiný druh výrobků. Vytvoření jejich menší kopie by tedy nemělo pro společnost představovat větší problémy.

8.1.2 Návrh nového technologického postupu

Za předpokladu zhotovení všech výše zmíněných pracovních pomůcek a nainstalování sušičky lapovacích klecí, se zcela zruší operace:

- ruční rovnání kusů do klecí,
- vložení klecí na lapovací kotouč,
- vyjmutí prázdných a naložení plných lísek do překladače,
- obsluha panelu lapovacího stroje (1x)

a bude možné změnit technologický postup pracovní lapovna ve snaze zkrátit celkový čas cyklu. Pokud bude za začátek celého cyklu považováno zahájení překladače naplněných klecí, potom bude nový technologický postup následující.

Pracovník uchopí dvě naplněné lopatky s klecemi a přejde k lapovacímu stroji. Zde naloží nejprve jednu lopatku, kterou posléze odloží na odkládací a poté lopatku druhou. S prázdnými lopatkami se vrátí k šabloně na natřepávání a proces opakuje i s dalšími

čtyřmi lopatkami. Jakmile je s nakládáním hotov, pomocí obslužného panelu uvádí stroj do chodu. Následně provede krátkou optickou kontrolu správného chodu stroje. Je-li vše v pořádku, přechází k umyvadlu a v čase kdy je stroj v chodu umývá nachystané losy a klece z předchozího cyklu. Mokrý klece poté založí do sušičky, odkud odebere klece suché. Tyto vloží do šablony pro natřepávání a natřepe klece piezo rezistory. Natřepávání skončí současně s koncem chodu stroje a ihned nabírá vzorky pro měření. Přeměří je a zahajuje čištění horního lapovacího kotouče. Dále setře všechny kusy ze spodního lapovacího kotouče a přenáší je do umyvadla, kde je nechává pro oplach v příštím cyklu. Vrací se k lapovacímu stroji, aby opláchl i spodní kotouč, který také osuší, čímž celý cyklus ukončí.

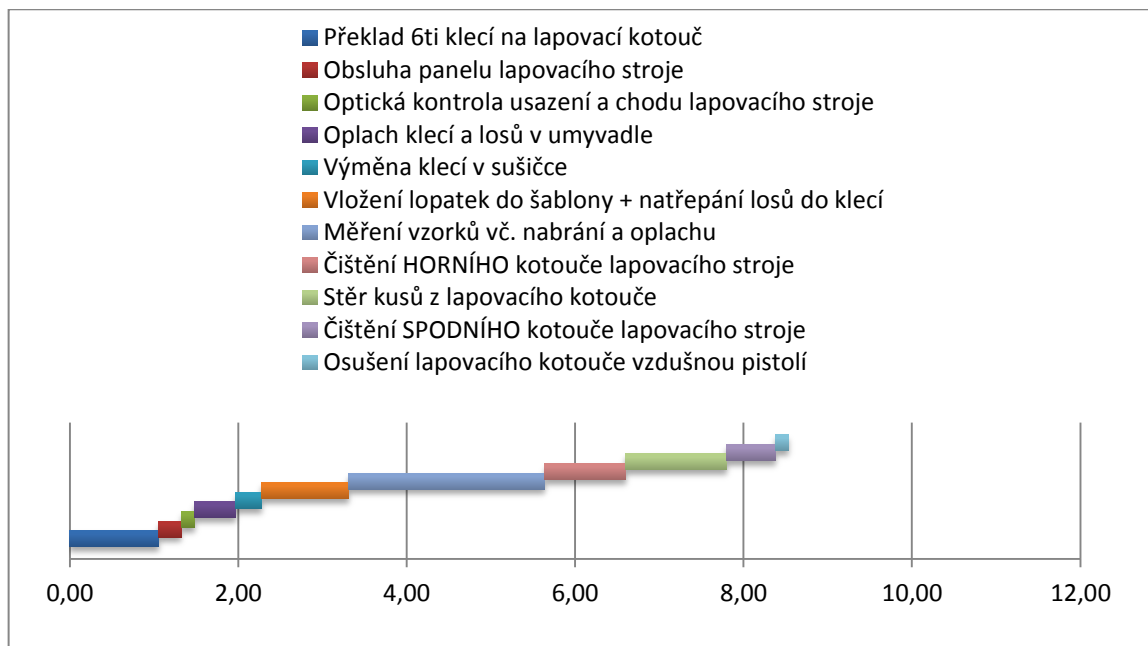
Tímto postupem, dosáhne pracovník cyklu o délce přibližně 8,5 minuty, což je po přepočtení na dávku 203 kusů téměř požadovaný čas taktu 3 minuty. Následující tabulka poskytuje informace o chronologickém sledu činností, včetně jednotlivých i průběžných časů nového technologického postupu.

Tabulka 13: *Nový technologický postup. (Vlastní)*

Číslo operace	Průběžný čas	Čas operace	Název operace
1.	1,05	1,05	Překlad 6 klecí na lapovací kotouč
2.	1,32	0,27	Obsluha panelu lapovacího stroje
3.	1,48	0,16	Optická kontrola usazení a chodu lapovacího stroje
4.	1,97	0,49	Oplach klecí a kusů v umyvadle
5.	2,27	0,30	Výměna klecí v sušičce
6.	3,31	1,04	Vložení lopatek do šablony + natřepání kusů do klecí
7.	5,64	2,33	Měření vzorků vč. nabrání a oplachu
8.	6,60	0,96	Čištění HORNÍHO kotouče lapovacího stroje
9.	7,80	1,20	Stěr kusů z lapovacího kotouče
10.	8,38	0,58	Čištění SPODNÍHO kotouče lapovacího stroje
11.	8,53	0,15	Osušení lapovacího kotouče vzdušnou pistolí
Celkem:	8,53	min	

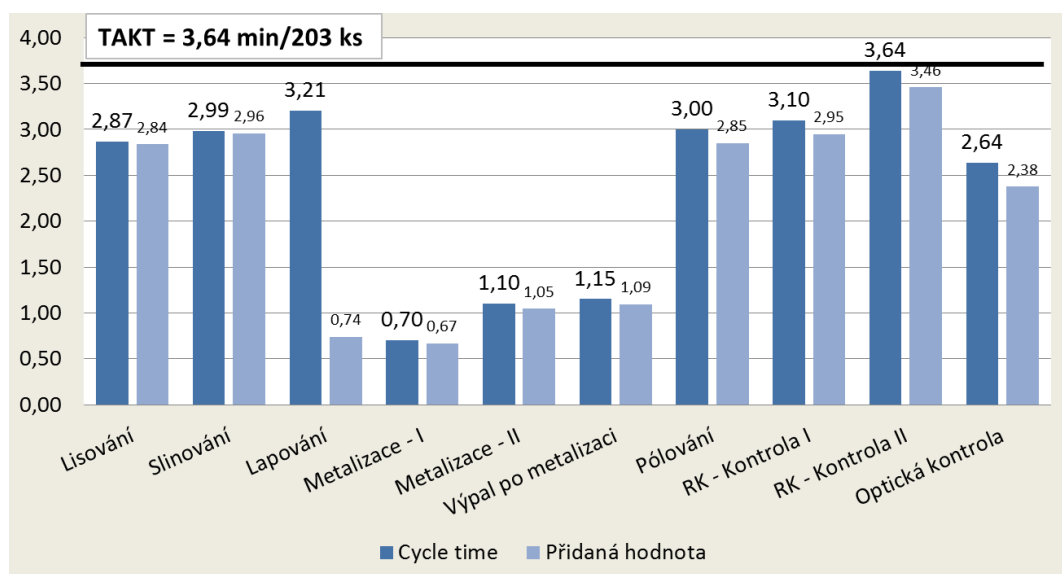
Celkový počet operací se sníží z původních 14 na 11 operací o celkové délce 8,53 minut. Modře vyznačené operace jsou prováděny za chodu stroje, přičemž délka lapovacího programu je 2 minuty. Novou operací je výměna lapovacích klecí v sušičce a nejdelší

operací nového technologického postupu je měření vzorků se svoji délkou trvání průměrně 2,3 minuty.



Obrázek 30: Gantův diagram nového technologického postupu. (Vlastní)

Po zavedení nového postupu dosáhne společnost nejen požadovaného taktu, ale také úspory v podobě odstranění jednoho z pracovníků. Jak bylo již v závěru analýzy zmíněno, v současné době je pracoviště obsazeno dvěma pracovníky, aby po rozdělení pracovních činností dosáhli taktu tří minut. Navrhovaný technologický postup umožňuje dosažení tohoto času při obsazení pracoviště pouze jedním pracovníkem.



Obrázek 31: Nový takt výrobního procesu. (Vlastní)

Z grafu je zřejmé, že dalším úzkým místem výrobního procesu výroby piezo rezistorů se stává pracoviště RK – Kontrola II. Při akceptování myšlenky nekonečného zlepšování, bude snahou podniku se v příštích měsících zabývat právě tímto úzkým místem výroby.

Následující tabulka (Tabulka 14) srovnává stávající technologický postup s navrhovaným. Uvádí jednotlivé i průběžné časy a operace, které se v procesu již nevyskytují, označuje křížkem.

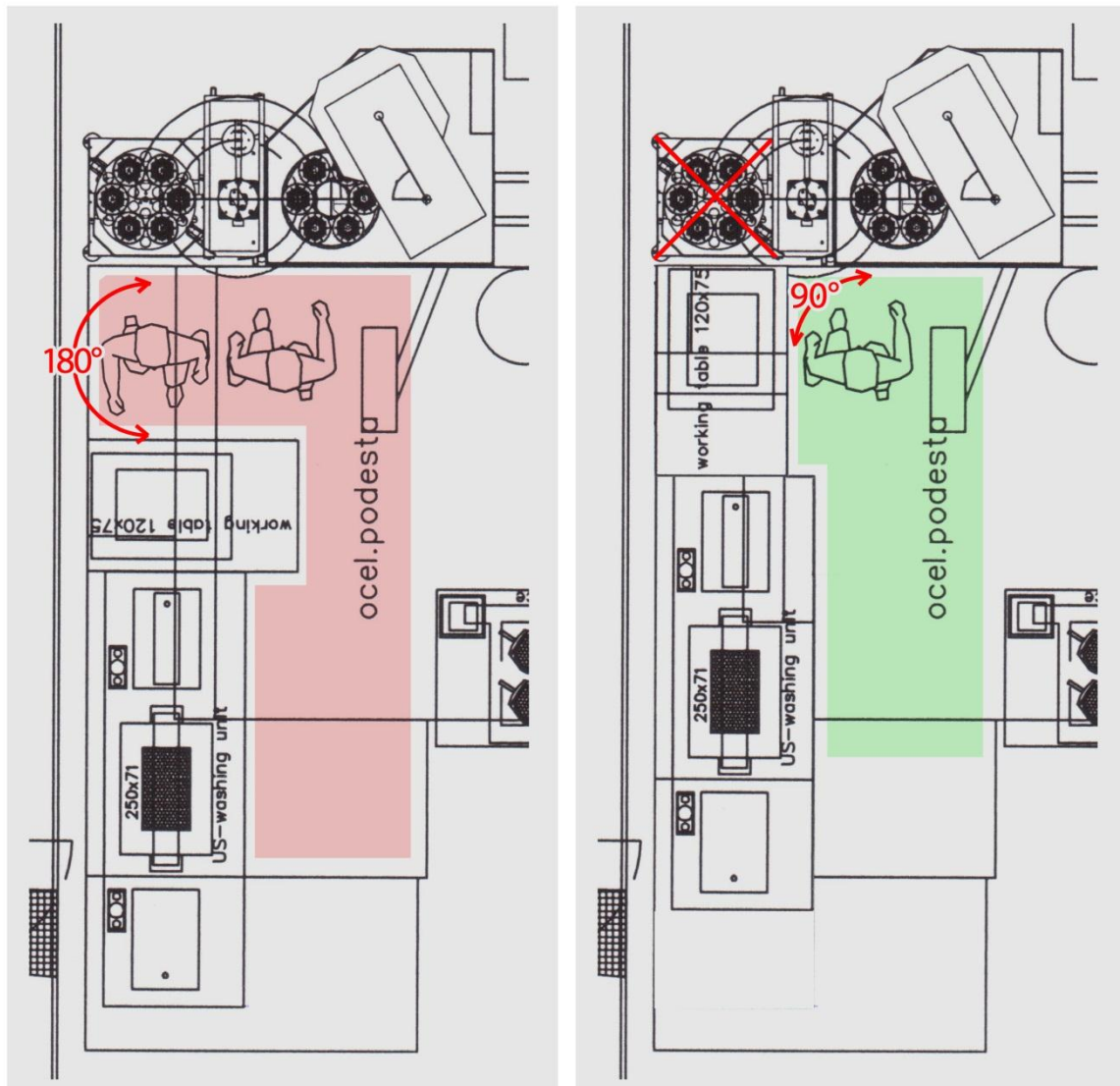
Tabulka 14: Srovnání stávajícího a nového technologického postupu. (Vlastní)

Současný stav		Název operace	Navrhovaný stav	
Průběžný čas	Čas operace		Průběžný čas	Čas operace
1,05	1,05	Překlad 6 lísek na lapovací kotouč	1,05	1,05
1,32	0,27	Obsluha panelu lapovacího stroje	1,32	0,27
2,97	1,65	Ruční rovnání kusů do klecí	x	x
3,26	0,29	Obsluha panelu lapovacího stroje	x	x
3,67	0,41	Optická kontrola usazení a chodu lapovacího stroje	1,48	0,16
4,71	1,04	Vložení lísek do šablony + natřepání kusů do lísek	3,31	1,04
6,02	1,31	Vyjmutí prázdných a naložení plných lísek - 6ks	x	x
8,35	2,33	Měření vzorků vč. nabrání a opláchnutí	5,64	2,33
9,31	0,96	Čištění HORNÍHO kotouče lapovacího stroje	6,6	0,96
10,51	1,2	Stěr kusů z lapovacího kotouče	7,8	1,2
11	0,49	Opláchnutí klecí a kusů v umyvadle	1,97	0,49
11,58	0,58	Čištění SPODNÍHO kotouče lapovacího stroje	8,38	0,58
12,09	0,51	Vložení klecí na lapovací kotouč	x	x
12,24	0,15	Osušení lapovacího kotouče vzdušnou pistolí	8,53	0,15
x	x	Výměna klecí v sušičce	2,27	0,3
12,24	min	Celkem:	8,53	min

8.1.3 Návrh nového layoutu

V závěru analýzy prostorového rozložení pracoviště jsem jako hlavní problematické prvky layoutu pracoviště označil protilehlé rozmístění pracovního stolu a překládacího stroje a vzdálenost umyvadla od lapovacího stroje. Po zavedení nového technologického postupu již není potřeba dále využívat stroj na překládání piezo rezistorů na lapovací kotouč. Z tohoto důvodu lze přemístit pracovní stůl kolmo k lapovacímu stroji. Toto opatření zajistí kratší dobu nakládání klecí na lapovací kotouč a je zároveň pro pracovníka ergonomicky vhodnější. Díky tomuto přesunu je také možné přiblížit umyvadlo určené k oplachu klecí a olapovaných kusů a vytvořit tak společně s pracovním stolem ucelenou linku. Pracovník

tedy nebude muset obcházet vysunutou část pracovního stolu, aby se dostal k umyvadlu, čímž se opět zkrátí čas potřebný k výkonu této operace.



Obrázek 32: Návrh nového layoutu pracoviště lapovna. (Vlastní)

Levá část obrázku ukazuje současnou situaci pracoviště, pravá část pak představuje návrh nového rozložení pracoviště. Barevně označené plochy znázorňují prostor, ve kterém se pracovník pohybuje při výkonu své práce. Hlavní výhodou zeleně označeného prostoru je skutečnost, že pracovník pracuje pouze v úhlu v rozmezí 90 stupňů. Nemusí tedy vykonávat tolik pohybu, jako pracovník v červeném prostoru pracující v úhlovém rozmezí 180 stupňů. Také umyvadlo se posunulo směrem k lapovacím stroji, čímž zkrátilo vzdálenost potřebnou k výkonu některých operací. Nové prostorové rozložení pracoviště

vykazuje známky úspory nejen ergonomické, ale také časové, která je hlavním předmětem optimalizace pracoviště.

8.2 Optimalizace pracoviště výpal po metalizaci

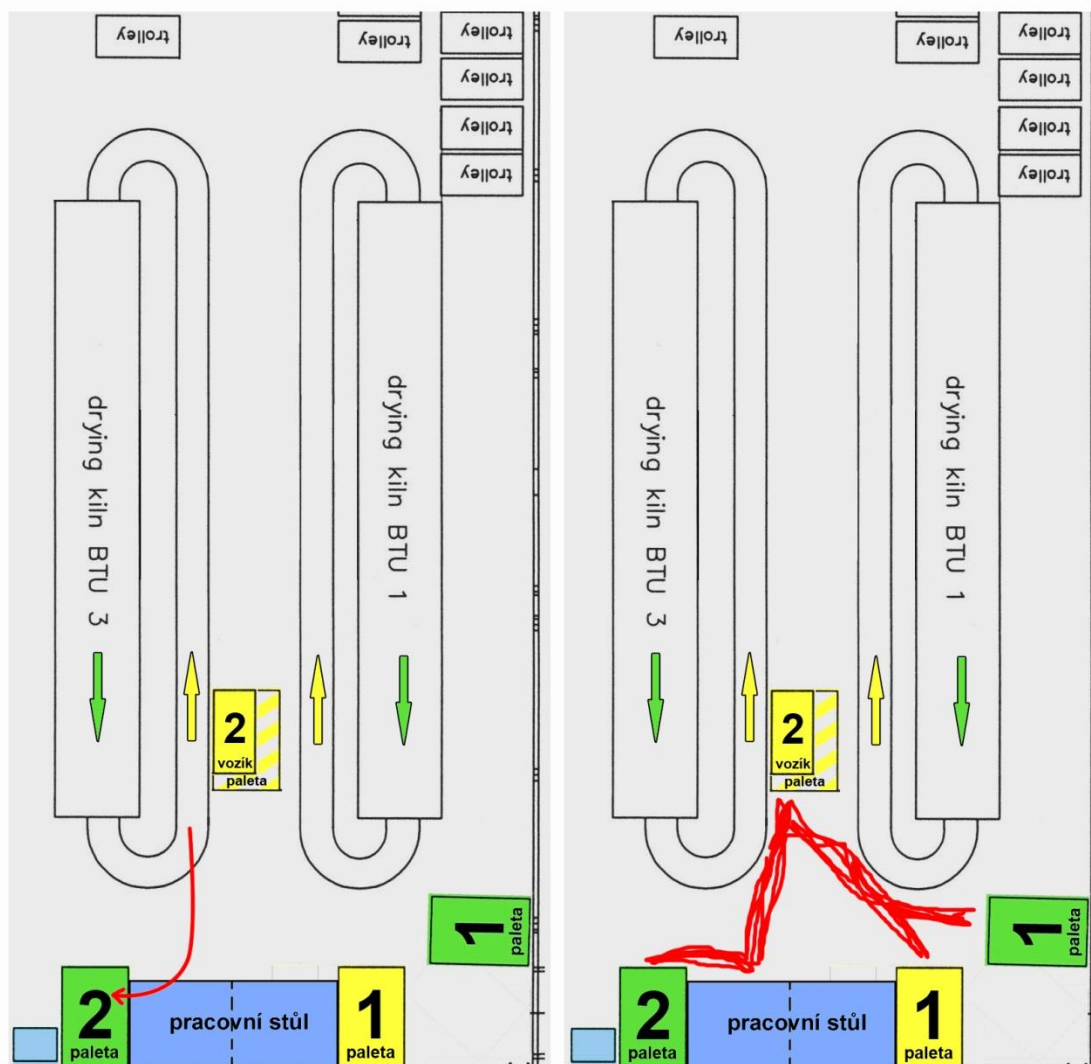
Výstupem analýzy pracoviště výpal po metalizaci bylo zjištění, že prostorové rozvržení pracoviště umožňuje plýtvání v podobě velkých vzdáleností, které musí pracovník absolvovat při výkonu své práce. Dalším problematickým místem bylo ukládání palet, určených ke skladování výstupního i vstupního materiálu nesplňuje správné ergonomické požadavky na vykonávání pracovních činností. Proto bude náplní této kapitoly vytyčení návrhů změny layoutu pracoviště a ergonomie pracoviště, které se pokusí tyto formy plýtvání odstranit.

8.2.1 Návrh nového layoutu

Nový navrhovaný stav prostorového rozložení pracoviště je založen zejména na přemístění pracovních stolů společně s prostory určenými pro vstupní a výstupní materiál za účelem zkrácení vzdáleností, jež musí pracovník při výkonu své práce absolvovat. Kromě polohy prostoru pro vstupní materiál stroje BTU 3, navrhuji přemístění všech prostorů vyhrazených pro vstupní a výstupní materiál a pracovních stolů podél stěny budovy v oblasti nakládání a vykládání běžících pásů pecí. Prostor vstupního materiálu (na obrázku označen číslem 2) pece BTU 3 navrhuji označit kromě současného rozměru (velikosti přepravního vozíku) také větším rozměrem pro případ, že bude materiál přivezen paletovým vozíkem. K označení takového alternativního prostoru lze využít žlutou přerušovanou barvou.

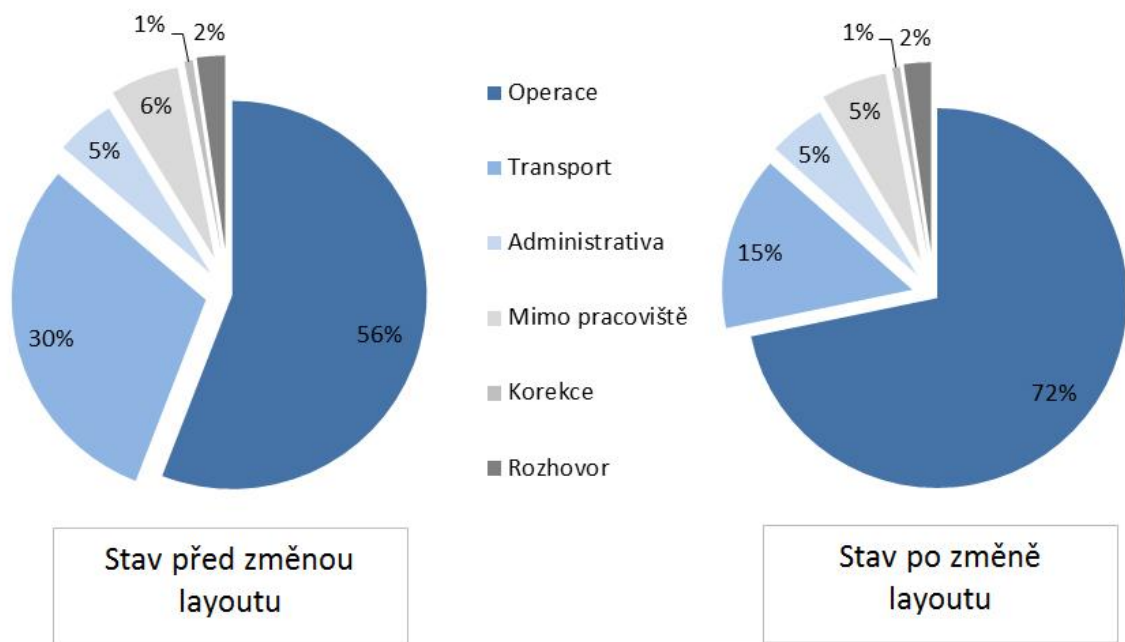
Při navrhování nového prostorového rozložení pracoviště výpalu po metalizaci byla samozřejmě zohledněna podmínka zachování průjezdnosti paletovým vozíkem na kterém je materiál přepravován.

V případě méně časté situace, kdy obě pece zajišťují výpal výrobků se stejným technologickým postupem, vzniká šance záměny lísek při odkládání na nově navrhovaný společný stůl. Proto je součástí mého návrhu také příčné rozdělení stolu na dvě samostatná pracoviště železnou (či plastovou) přepážkou. Návrh nového prostorového uspořádání pracoviště znázorňuje obrázek 33.



Obrázek 33: *Návrh nového layoutu pracoviště výpal po metalizaci. (Vlastní)*

Díky novému prostorovému uspořádání pracoviště se vzdálenost, kterou musí pracovník průměrně urazit během jednoho cyklu, redukuje přibližně o 50% původního stavu, tedy na 20 metrů. Pracovník se totiž bude pohybovat pouze v prostoru mezi nakládkou a vykládkou materiálu, kde bude také vykonávat svoji práci. Tímto opatřením získá pracovník více času na výkon své hlavní činnosti - skládání rezistorů do přepravních bedýnek. Jestliže analýza pracoviště výpalu po metalizace uvádí, že transport představuje 30% všech operací, redukuje se nyní tato hodnota na 15%. Toto procentuální snížení transportu způsobí zvýšení podílu hlavní činnosti na celkovém součtu operací. Srovnání procentuálních podílů na celkovém čase vyjadřuje obrázek 34.

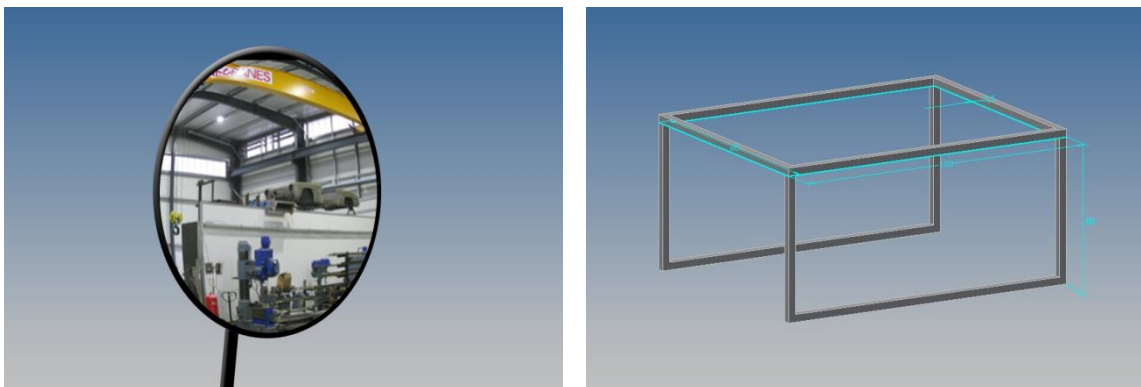


Obrázek 34: Srovnání stavu před a po změně layoutu pracoviště. (Vlastní)

Jedním z důvodů, proč pracovník musí jednou za čas dojít na odvrácený konec pece je ten, že se zde plechy při průjezdu zatáčkou dopravníku vzájemně zablokují. V současné době chodí pracovník tento jev kontrolovat nahodile. V rámci nového prostorového rozvržení pracoviště navrhuji umístit na tento konec pece vyduuté zrcadlo, které bude odrážet kritické místo do prostoru pracovníka nového pracoviště. Toto opatření tak opět eliminuje plýtvání v podobě nadbytečné chůze.

8.2.2 Návrh ergonomických opatření

Jako hlavní opatření v oblasti ergonomie práce, navrhuji zkonstruování (či nákup) čtyř železných konstrukcí, na které by bylo možné umístit palety se vstupním a výstupním materiálem. Náhled včetně rozměrů těchto konstrukcí uvádí obrázek dole (Obrázek 35). Výška konstrukce dosahuje společně s výškou palety úrovně, při které se pracovník již nemusí plně předklánět a ukládání materiálu tak nevyžaduje nechtěné namáhání zad pracovníka. Díky hydraulickým paletovým vozíkům je možné palety naložené materiálem bez větší fyzické námahy uložit na tyto konstrukce. Je však potřeba nainstalovat na paletový vozík kolečka, namísto stávajících pevných opěr z důvodu jeho mobilizace.



Obrázek 35: Vyduté zrcadlo (vlevo) a návrh podložné konstrukce (vpravo). (Vlastní)

Půdorysné rozměry konstrukce jsou 80cm x 100cm, přičemž výška konstrukce je 50cm. Spoje konstrukce jsou zajištěny svářením.

8.3 Mapování hodnotového toku (VSM)

Optimalizací procesů a pracovišť ve snaze zkrátit průběžnou dobu výroby piezo rezistorů, získáváme nový stav hodnotového toku včetně navrhovaných úprav, jako například systém tahu, namísto současného systému tlaku.

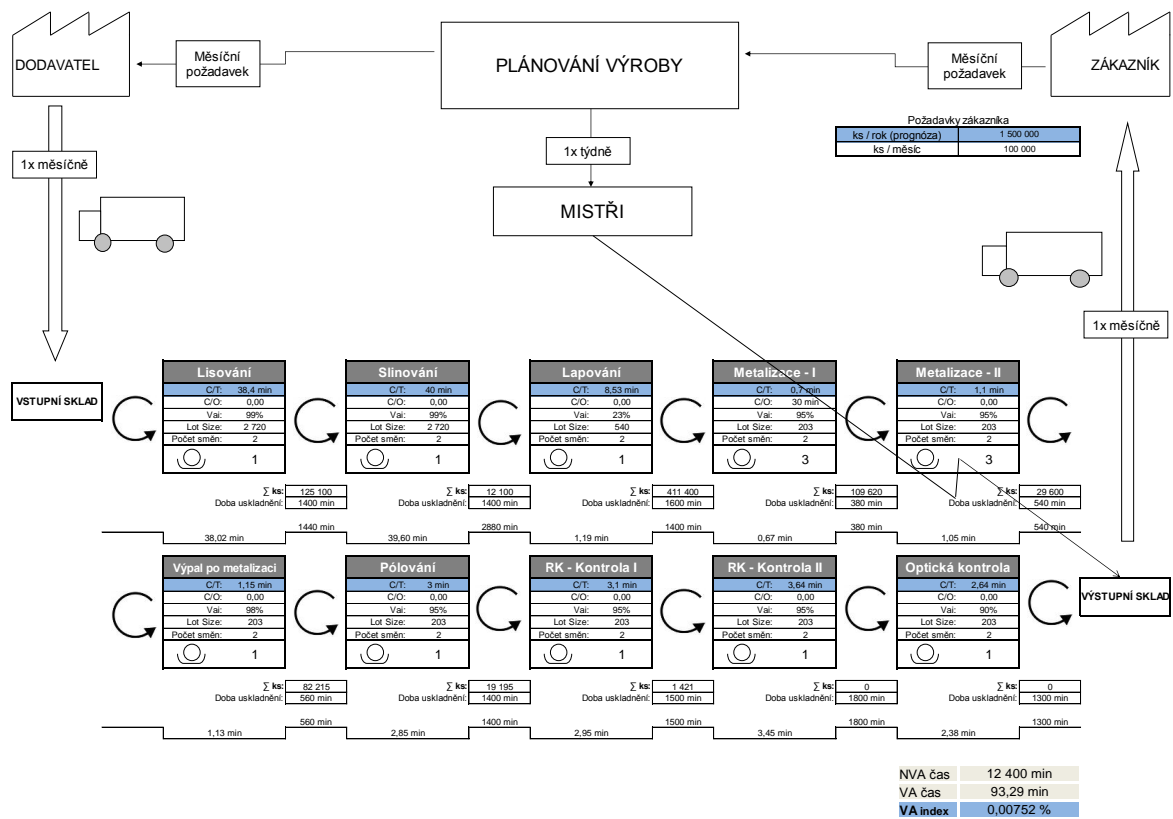
8.3.1 Mapa nového stavu

Při předpokladu, že společnost přijme všechny návrhy optimalizace a uvede je do praxe, bude se mapa nového hodnotového toku takto zoptimalizovaného procesu lišit od mapy současného stavu v níže uvedených aspektech.

Tabulka 15: Srovnání stavu před a po změně hodnotového toku. (Vlastní)

Název změněných prvků	Současný stav	Navrhovaný stav
Počet pracovníků na pracovišti lapovna	2	1
Cycle time pracoviště lapovna	13 min	8,53 min
Doba skladování mezi pracovišti lapovna a metalizace	2400	1600
VA-index pracoviště výpal po metalizaci	95 %	98 %
Celkový čas NVA operací	13 200	12 400
Celkový čas VA operací	94,52	93,29
VA-index celého procesu	0,716 %	0,752 %
Informační toky ve výrobě	fyzické	elektronické

Tabulka změn popisuje následující změny. Nižší cycle time pracoviště lapovna a zkrácená doba skladování mezi pracovišti lapovna a metalizace, zvýšený VA-index pracoviště výpal po metalizaci, snížený čas NVA z 13 200 minut na 12 400 minut, čas VA snížený z 94,52 minut na 93,29 minut, VA-index celého procesu zvýšen z 0,716 % na 0,752 % a změnu fyzických informačních toků ve výrobě na toky elektronické. Všechny tyto změny jsou zaznamenány v následující mapě budoucího stavu hodnotových toků, jejíž originál lze nalézt v příloze P II.



Obrázek 36: Návrh budoucího stavu hodnotového toku. (Vlastní)

9 VYHODNOCENÍ PŘÍNOSŮ OPTIMALIZACE

Tato kapitola vyčísluje úspory, kterých by společnost EPCOS s. r. o. mohla dosáhnout, pokud by uplatnila návrhy optimalizace zpracované v předchozí kapitole této práce. Konkrétní kalkulace a rozsah úspor uvádí následující tabulka (Tabulka 16).

Tabulka 16: Kalkulace úspor optimalizace. (Vlastní)

Kalkulace úspor	Úspora
Náklady ušetřené snížením počtu pracovníků na pracovišti lapovna	
1 pracovník na směnu x 2 směny na den x 10 000 Euro/rok (roční náklady na pracovníka uváděné firmou) = 20 000 Euro x Kurz 25 Euro / Kč	= 500 000 Kč
Zvýšení produktivity pracoviště lapovna	
Časový fond pracoviště je 660 min na směnu / 13 min (současný čas cyklu) x 540 ks na cyklu = 27 415 ks na směnu. Nový stav = 41 781 ks na směnu. 27 415 ks / 41 781 ks	= ↗ 52,4 %
Čas ušetřený redukcí pohybu pracovníka po pracovišti výpal po metalizaci	
Výchozí doba pohybu 35,56 min / 120 min – 50% = úspora 17,78 min na 120 min. Časový fond pracovníka je 109 200 min za rok. 109 200 min / 120 min x 17,18 min = 16 180 min = 269,66 hodin	≈ 270 hod / rok

Vzhledem k omezenému rozsahu práce a časovému fondu k jejímu vytvoření, není možné zaznamenat přesné výsledky uplatnění návrhů optimalizace ve společnosti. Ta se však prací bude zabývat a po zhodnocení realizovatelnosti jednotlivých návrhů svými pracovníky rozhodne, zda přistoupí k jejich uplatnění v praxi.

Informace o ročních nákladech na jednoho pracovníka uvedených v tabulce výše, mi byla poskytnuta společností společně s informacemi potřebnými k jejímu sestavení. Po kalkulaci dopadů optimalizace dostáváme úsporu v hodnotě 500 000 Kč, vytvořenou snížením počtu pracovníku na pracovišti lapovna. Další přínos pro společnost může představovat zvýšení produktivity pracoviště lapovna o 52,4 procent z původní produkce 27 415 kusů za směnu na nových 41 781 kusů za směnu.

Kalkulací času, ušetřeného díky redukci pohybu pracovníka po pracovišti, docházím k hodnotě přibližně 270 hodin za rok. Tento čas lze využít ke zvýšení produktivity pracoviště při jeho využití pro výkon hlavních operací, přidávajících výrobku hodnotu.

ZÁVĚR

Hlavním cílem a náplní této práce byla optimalizace výrobního procesu piezo rezistorů ve společnosti Epcos, s. r. o. ve snaze zkrátit celkovou dobu výroby a optimalizovat vybraná pracoviště.

Teoretická část diplomové práce, zaměřená na mapování hodnotových toků, mapování procesů, objasnění myšlenky štíhlé výroby a využití simultánního inženýrství, poskytla teoretické východisko pro zpracování praktické části této práce.

Praktická část diplomové práce byla zaměřena zejména na důkladné zmapování výrobního procesu se snahou nalézt úzká místa celého procesu. Za využití metod průmyslového inženýrství popsaných v teoretické části práce byl celý proces zmapován a úzká místa byla nalezena. Následně byla provedena detailní analýza pracovišť vybraných k optimalizaci.

K účelům této analýzy byly použity zejména metody časových snímků, videozáznamů, pozorování, rozměrového měření, spaghetti diagramů, znalostí ergonomie práce a mnoho dalších, které poukázaly na příčiny plýtvání v podobě dlouhých cyklových časů, velkému poměru činností nepřidávajících výrobku hodnotu k činnostem výrobku hodnotu přidávajícím, nevhodných prostorových rozložení pracovišť, či špatným ergonomickým podmínkám na pracovišti. Sumarizace části práce, analyzující stav vybraných pracovišť, posloužila jako znalostní základna k vypracování návrhů optimalizace jednotlivých pracovišť, kterými se zabývala třetí část analytické poloviny práce.

Část obsahující návrhy optimalizace byla rozdělena na optimalizaci pracoviště lapovna a optimalizaci pracoviště výpal po metalizaci.

Hlavní náplní optimalizace pracoviště lapovna bylo sestavení nového technologického postupu, jehož výstupem bylo snížení cyklového času a změna prostorového rozložení pracoviště. Nový technologický postup představil nové pracovní pomůcky potřebné k jeho realizaci a nový layout pracoviště.

Kapitola věnovaná optimalizaci pracoviště výpal po metalizaci přinesla řešení špatného prostorového rozložení pracoviště, zjištěného na základě pozorování, časového snímku pracovníka a spaghetti diagramu.

Závěr práce přináší kalkulaci a zhodnocení navrhovaných opatření optimalizace výrobního procesu ve společnosti Epcos, s. r. o.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Monografie

- BICHENO, John, 2004. *The new lean toolbox: Towards fast, flexible flow*. Buckingham, England: Production and Inventory Control, Systems and Industrial Engineering Books. ISBN 0-9541244-1-3.
- IMAI, Masaaki, 2004. *Kaizen: Metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku*. Brno: Computer Press. ISBN 8025104613.
- KAPLAN, Garry, 2010. *Advanced Lean Thinking*. U. S. A.: Joint Commission Resources Inc. ISBN 978-1-59940-450-9.
- LEE, Quarterman a Brad Snyder, 2007. *Value Stream and Process Mapping: The Strategos Guide to*. New York: Enna Inc. ISBN 1897363435.
- MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL, 1996. *Cesty k vyšší produktivitě: Strategie založená na průmyslovém inženýrství*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství. ISBN 80-902235-0-8.
- MAŠÍN, Ivan, 2003. *Mapování hodnotového toku výrobních procesech*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství s. r. o. ISBN 80-902235-9-1.
- PASCAL, Denis, 2002. *Lean Production Simplified: A Plain-Language Guide to the World's Most Powerful Production System*. New York: Productivity Press. ISBN 1-56327-262-8.
- ROTHER, Mike a John SHOOK, 1999. *Learning to See: Value Stream Mapping*. Massachusetts: Brookline, Lean Enterprise Institute. ISBN 0966784308.
- SVOZILOVÁ, Alena, 2011. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada Publishing, s. r. o. ISBN 978-80-247-3938-0.
- TOMEK, Gustav a Věra Vávrová, 2003. *Řízení výroby*. Praha: Grada Publishing, s. r. o. ISBN 80-7169-955-1.
- WEBBER, Larry a Michael WALLACE, 2007. *Quality Control for Dummies*. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing Inc. ISBN-10 0-470-06909-0.

Internetové zdroje

- Autodesk.com. Products: CAD Software Defined. [online]. usa.autodesk.com, 2012. [cit. 22.7.2012]. Dostupné z WWW: <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/item?siteID>

Dalhousie University. What do Industrial Engineers do?. [online]. industrialengineering.dal.ca, 2010. [cit. 22.7.2012]. Dostupné z WWW: <http://industrialengineering.dal.ca/Learn%20more%20about%20IE/index.php>

Lanner.com. WITNESS 12 - Making it easier to provide answers for business critical problems. [online]. Lanner.com, 2012. [cit. 22.7.2012]. Dostupné z WWW: <http://www.lanner.com/en/media/witness/witness12.cfm>

StrategosInc.com. Value Stream Mapping: Symbols & Icons. [online]. StrategosInc.com, 2012. [cit. 21.7.2012]. Dostupné z WWW: http://www.strategosinc.com/vsm_symbols.htm

Washington.edu. Value Stream Mapping. [online]. Washington.edu, 2012. [cit. 21.7.2012]. Dostupné z WWW: http://courses.washington.edu/ie337/Value_Stream_Mapping.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

- VSM Value Stream Mapping – mapování hodnotového toku.
- CAD Computer Aided Design – počítačově podporované navrhování.
- VA Value Added – časy, přidávající produktu hodnotu.
- NVA Non Value Added – časy, nepřidávající produktu hodnotu.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: <i>Příklad využití metody Poka-Yoke. (Vlastní)</i>	14
Obrázek 2: <i>Grafické znázornění pojmu štíhlá výroba. (Vlastní)</i>	15
Obrázek 3: <i>Ukázka procesní analýzy (Vlastní)</i>	18
Obrázek 4: <i>Průchod hodnotového toku společností. (Vlastní)</i>	20
Obrázek 5: <i>Ukázka mapy hodnotového toku. (Vlastní)</i>	27
Obrázek 6: <i>Ukázka modelu v programu CAD Inventor. (Vlastní)</i>	31
Obrázek 7: <i>Logo a budova společnosti Epcos, s. r. o. (Vlastní)</i>	34
Obrázek 8: <i>Ekonomické ukazatele společnosti. (Vlastní)</i>	36
Obrázek 9: <i>Vývoj počtu zaměstnanců ve společnosti. (Vlastní)</i>	36
Obrázek 10: <i>Ukázka produktů divize PTC. (Vlastní)</i>	37
Obrázek 11: <i>Ukázka využití produktů divize PTC. (Vlastní)</i>	38
Obrázek 12: <i>Piezo rezistor. (Vlastní)</i>	41
Obrázek 13: <i>Technologický postup výroby. (Vlastní)</i>	42
Obrázek 14: <i>Mapa současného stavu. (Vlastní)</i>	47
Obrázek 15: <i>Pracoviště vybraná k optimalizaci. (Vlastní)</i>	48
Obrázek 16: <i>Takt time výrobního procesu. (Vlastní)</i>	49
Obrázek 17: <i>Náhled pracoviště lapovna. (Vlastní)</i>	50
Obrázek 18: <i>Layout pracoviště lapovna. (Vlastní)</i>	50
Obrázek 19: <i>Ganttův diagram pracoviště lapovna. (Vlastní)</i>	53
Obrázek 20: <i>Lapovací kotouč s rozsypanými kusy (vlevo) a natřepávací šablona (vpravo). (Vlastní)</i>	54
Obrázek 21: <i>Náhled pracoviště výpal po metalizaci. (Vlastní)</i>	55
Obrázek 22: <i>Procentuální zastoupení jednotlivých činností. (Vlastní)</i>	56
Obrázek 23: <i>Současný layout pracoviště výpal po metalizaci. (Vlastní)</i>	57
Obrázek 24: <i>Ukázka skladování materiálu (vlevo) a líska s 203 kusy (vpravo). (Vlastní)</i>	59
Obrázek 25: <i>Náhled celé sestavy modelu pracovních pomůcek. (Vlastní)</i>	61
Obrázek 26: <i>Lapovací kotouč (vlevo) a model pomocného mezipatra (vpravo). (Vlastní)</i>	62
Obrázek 27: <i>Ukázka funkce pomocného patra. (Vlastní)</i>	62
Obrázek 28: <i>Model nosné lopatky. (Vlastní)</i>	63
Obrázek 29: <i>Model natřepávací šablony. (Vlastní)</i>	64

Obrázek 30: <i>Gantův diagram nového technologického postupu. (Vlastní)</i>	66
Obrázek 31: <i>Nový takt výrobního procesu. (Vlastní)</i>	66
Obrázek 32: <i>Návrh nového layoutu pracoviště lapovna. (Vlastní)</i>	68
Obrázek 33: <i>Návrh nového layoutu pracoviště výpal po metalizaci. (Vlastní)</i>	70
Obrázek 34: <i>Srovnání stavu před a po změně layoutu pracoviště. (Vlastní)</i>	71
Obrázek 35: <i>Vyduté zrcadlo (vlevo) a návrh podložné konstrukce (vpravo). (Vlastní)</i>	72
Obrázek 36: <i>Návrh budoucího stavu hodnotového toku. (Vlastní)</i>	73
Obrázek 1: <i>Příklad využití metody Poka-Yoke. (Vlastní)</i>	

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: <i>Srovnání pojmů KAIZEN a Inovace. (Vlastní)</i>	13
Tabulka 2: <i>Symbole procesní mapy (Vlastní)</i>	16
Tabulka 3: <i>Typy plýtvání. (Vlastní)</i>	21
Tabulka 4: <i>Ikony pro materiálový tok. (Vlastní)</i>	23
Tabulka 5: <i>Datovaná historie společnosti. (Vlastní)</i>	34
Tabulka 6: <i>Časový harmonogram projektu. (Vlastní)</i>	40
Tabulka 7: <i>Procesní analýza. (Vlastní)</i>	46
Tabulka 8: <i>Současný technologický postup. (Vlastní)</i>	52
Tabulka 9: <i>Výstup analýzy pracoviště lapovna. (Vlastní)</i>	54
Tabulka 10: <i>Přehled užitých zkratk. (Vlastní)</i>	56
Tabulka 11: <i>Výstupy analýzy pracoviště výpal po metalizaci. (Vlastní)</i>	59
Tabulka 12: <i>NVA operace pracoviště lapovna. (Vlastní)</i>	60
Tabulka 13: <i>Nový technologický postup. (Vlastní)</i>	65
Tabulka 14: <i>Srovnání stávajícího a nového technologického postupu. (Vlastní)</i>	67
Tabulka 15: <i>Srovnání stavu před a po změně hodnotového toku. (Vlastní)</i>	72
Tabulka 16: <i>Kalkulace úspor optimalizace. (Vlastní)</i>	74

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: VSM – SOUČASNÝ STAV

PŘÍLOHA P II: VSM – BUDOUCÍ STAV

PŘÍLOHA P III: ČASOVÝ SNÍMEK PRACOVNÍKA

PŘÍLOHA P II: VSM – BUDOUCÍ STAV

