

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní zaměření: Průmyslové inženýrství a management

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Aplikace metody SMED pro racionalizaci přestavby výrobní linky

Autor: **Bc. Adam Peteřík**

Vedoucí práce: **Ing. Marek Bureš, Ph.D.**

Akademický rok 2018/2019



## **Prohlášení o autorství**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne: .....

.....  
podpis autora

## **Poděkování**

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce Ing. Marku Burešovi, Ph.D. za odborné vedení, ochotu, cenné rady a připomínky, které mi poskytl během psaní této práce.

# ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Peteřík	Jméno Adam	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	2301T007 „Průmyslové inženýrství a management“		
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Ing. Bureš, Ph.D.	Jméno Marek	
<b>PRACOVISŤE</b>	ZČU – FST – KPV		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<del>BAKALÁŘSKÁ</del>	<b>Nehodící se škrtněte</b>
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Aplikace metody SMED pro racionalizaci přestavby výrobní linky		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KPV	<b>ROK ODEVZD.</b>	2019
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

## POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	72	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	72	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b>  <b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	Diplomová práce se zabývá aplikací metody SMED pro racionalizaci přestavby výrobní linky. První část je věnována teorii štíhlého podniku a popisu základních metod průmyslového inženýrství s důrazem právě na metodu SMED. Ve druhé části je nejprve určena pilotní oblast v podniku pro racionalizaci přestavby, dále jsou provedeny všechny potřebné analýzy a návrhy zlepšení s vybalancováním přestavby. Závěrem je provedeno technickoekonomické zhodnocení aplikace.
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>  <b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b>	Průmyslové inženýrství, štíhlý podnik, štíhlá výroba, SMED, balancování, přestavba

## SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Peteřík	Name Adam	
<b>FIELD OF STUDY</b>	2301T007 “Industrial Engineering and Management“		
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Bureš, Ph.D.	Name Marek	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU – FST – KPV		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<del><b>BACHELOR</b></del>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Application of the SMED method on rationalization of a production line changeover		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Industrial Engineering and Management	<b>SUBMITTED IN</b>	2019
----------------	---------------------------	-------------------	---	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	72	<b>TEXT PART</b>	72	<b>GRAPHICAL PART</b>	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	<p>The thesis deals with the application of the SMED method for rationalization of the production line changeover. The first part is devoted to the lean enterprise theory and a description of fundamental methods of industrial engineering with an emphasis on the SMED method. In the first instance of the second part, the pilot area in the company for the changeover rationalization is determined. After that, all the necessary analyses and improvements concerning balancing of the changeover are made. Finally, a technical-economic evaluation of the application is worked out.</p>
<b>KEY WORDS</b>	Industrial engineering, lean enterprise, lean manufacturing, SMED, balancing, changeover

## Obsah

Úvod .....	11
1 Štíhlý podnik .....	12
1.1 Štíhlá výroba .....	12
1.2 MUDA .....	14
1.2.1 Muda nadprodukce .....	14
1.2.2 Muda zásob .....	14
1.2.3 Muda oprav a zmetků .....	15
1.2.4 Muda pohybu .....	15
1.2.5 Muda zpracování .....	15
1.2.6 Muda čekání .....	15
1.2.7 Muda dopravy .....	16
1.2.8 Muda nevyužitého lidského potenciálu .....	16
2 Popis metod sloužících k racionalizaci práce na výrobních linkách .....	17
2.1 Kaizen .....	17
2.1.1 5S .....	17
2.1.2 Vizuální management .....	18
2.2 Metody měření času .....	19
2.3 Balancování výrobních linek .....	21
2.4 Spaghetti diagram .....	21
2.5 Ishikawův diagram .....	22
3 SMED .....	24
3.1 Krok 1. – Určení pilotní oblasti .....	26
3.2 Krok 2. – Identifikace kroků přestavby .....	26
3.3 Krok 3. – Separace kroků přestavby .....	26
3.4 Krok 4. – Konverze interních kroků na externí .....	27
3.5 Krok 5. – Racionalizace kroků .....	27
4 Určení pilotní oblasti .....	29
5 Charakteristika výrobního systému .....	32
5.1 Výrobní systém .....	32
5.2 Charakteristika výrobní linky .....	33
5.3 Výrobní portfolio .....	41
6 Identifikace kroků přestavby .....	43
7 Separace kroků přestavby .....	44
8 Konverze interních kroků na externí .....	46
9 Racionalizace kroků přestavby .....	51

10	Výsledky analýzy přestavby ostatních strojů .....	52
10.1	Práce seřizovače .....	52
10.2	Přestavba svařovacího robota interiérů .....	53
10.3	Práce programátora .....	54
10.4	Práce TeamLeadera .....	56
10.5	Přestavba flangeru .....	57
10.6	Přestavba ridgelockingu .....	59
10.7	Přestavba spinneru .....	60
10.8	Přestavba LeakTestu .....	62
10.9	Shrnutí racionalizace přestaveb .....	64
11	Balancování přestavby .....	65
12	Technickoekonomické zhodnocení .....	67
12.1	Výpočet uspořenému času .....	67
12.1.1	Původní stav .....	68
12.1.2	Stav po racionalizaci přestavby metodou SMED .....	68
12.2	Uspořený čas za období .....	68
	Závěr .....	70
	Literatura .....	71



## Seznam obrázků

Obrázek 1-1 Pilíře štíhlého podniku [7] .....	12
Obrázek 1-2 Cyklus PDCA .....	13
Obrázek 2-1 5S [10] .....	17
Obrázek 2-2 Ganttův diagram [11] .....	19
Obrázek 2-3 Spaghetti diagram [13] .....	22
Obrázek 2-4 Ishikawův diagram [14].....	23
Obrázek 3-1 Fáze metody SMED [16].....	25
Obrázek 3-2 Procentuální dopad změn na čas přestavby [16] .....	28
Obrázek 4-1 OEE report.....	29
Obrázek 4-2 Pareto prostožů.....	30
Obrázek 4-3 Histogram přestaveb .....	30
Obrázek 5-1 Proces výroby rolovaného boxu .....	33
Obrázek 5-2 Tváření plechů WEIL .....	34
Obrázek 5-3 Lemovací stroj .....	35
Obrázek 5-4 Svařovací robot s přejezdem .....	36
Obrázek 5-5 Ridgelocking .....	37
Obrázek 5-6 Stuffing .....	38
Obrázek 5-7 Spinning.....	39
Obrázek 5-8 Kalibrační lis .....	40
Obrázek 5-9 Tlaková kontrola těsnosti .....	41
Obrázek 7-1 Rozdělení činností při přestavbě – současný stav .....	45
Obrázek 7-2 Poměr externích a interních činností .....	45
Obrázek 8-1 Rozdělení činností při přestavbě – navrhovaný stav .....	48
Obrázek 10-1 Rozdělení činností při přestavbě – seřizovač .....	52
Obrázek 10-2 Původní rozdělení činností – seřizovač .....	52
Obrázek 10-3 Navrhovaný stav činností seřizovače .....	53
Obrázek 10-4 Rozdělení činností při přestavbě – svařovací robot interiérů .....	53
Obrázek 10-5 Původní rozdělení činností při přestavbě svařovacího robota interiérů .....	54
Obrázek 10-6 Navrhovaný stav činností při přestavbě svařovacího robota interiérů .....	54
Obrázek 10-7 Rozdělení činností při přestavbě – programátor.....	55
Obrázek 10-8 Původní rozdělení činností – programátor .....	55
Obrázek 10-9 Navrhovaný stav činností programátora.....	56
Obrázek 10-10 Rozdělení činností při přestavbě – TeamLeader .....	56
Obrázek 10-11 Původní rozdělení činností při přestavbě – TeamLeader .....	57
Obrázek 10-12 Navrhovaný stav činností TeamLeadera .....	57
Obrázek 10-13 Rozdělení činností při přestavbě flangeru .....	58
Obrázek 10-14 Původní rozdělení činností při přestavbě flangeru .....	58
Obrázek 10-15 Navrhovaný stav rozdělení činností při přestavbě flangeru .....	59
Obrázek 10-16 Rozdělení činností při přestavbě ridgelockingu .....	59
Obrázek 10-17 Původní rozdělení činností při přestavbě ridgelockingu .....	60
Obrázek 10-18 Navrhovaný stav rozdělení činností při přestavbě ridgelockingu .....	60
Obrázek 10-19 Rozdělení činností při přestavbě spinneru.....	61
Obrázek 10-20 Původní rozdělení činností při přestavbě spinneru.....	61
Obrázek 10-21 Navrhovaný stav rozdělení činností při přestavbě spinneru.....	62
Obrázek 10-22 Rozdělení činností při přestavbě LeakTestu .....	62
Obrázek 10-23 Původní rozdělení činností při přestavbě LeakTestu .....	63
Obrázek 10-24 Navrhovaný stav rozdělení činností při přestavbě LeakTestu.....	63
Obrázek 11-1 Balancování přestavby .....	65

Obrázek 11-2 Množství práce jednotlivých účastníků přestavby ..... 66

## Seznam tabulek

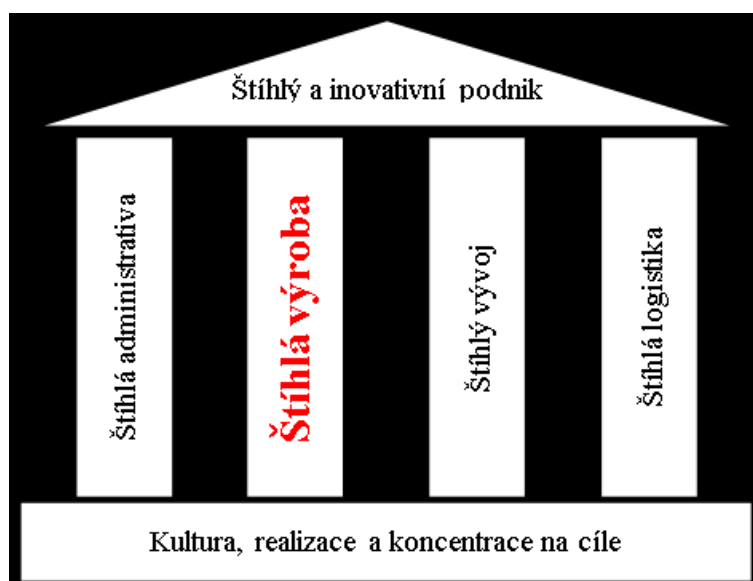
Tabulka 1-1 Akční plán.....	14
Tabulka 2-1 Typy chronometráže [12].....	20
Tabulka 2-2 Moment měření [12] .....	20
Tabulka 5-1 Výrobky .....	42
Tabulka 6-1 Harmonogram aktivit projektu.....	43
Tabulka 7-1 Separace kroků přestavby stufferu.....	44
Tabulka 8-1 Konverze interních kroků na externí.....	46
Tabulka 8-2 Nový postup přestavby stufferu .....	48
Tabulka 8-3 Standard přestavby stufferu .....	50
Tabulka 10-1 Shrnutí racionalizace přestaveb .....	64
Tabulka 11-1 Slovník strojů.....	66
Tabulka 12-1 Hodnoty pro výpočet úspory času .....	67

## Úvod

V dnešním konkurenčním prostředí je zisk výrobní společnosti určován efektivitou výrobního systému.  $Zisk = \text{prodejní cena} - \text{náklady}$ , prodejní cenu určuje trh a výrobní podnik ji nemůže natolik ovlivnit sám. Pro zvýšení zisku tedy musí podnik snížit veškeré náklady, a to samozřejmě i náklady výrobní. Snižování výrobních nákladů se však nesmí projevit na kvalitě výrobku. Snižovat výrobní náklady lze mnoha různými způsoby, kdy např. podnik může nakoupit levnější materiál, postavit výrobu v zemi, kde je levná pracovní síla, anebo se může snažit maximalizovat efektivitu výroby. K tomu slouží právě zeštíhlovací procesy, metody průmyslového inženýrství. Výhodou aplikace těchto metod je, že mají kladný efekt nejen na efektivitu a produktivitu výroby, ale také na její kvalitu. Většina výrobních závodů zaměřujících se na sériovou výrobu vyrábí na svých výrobních linkách více referencí, pokud jim to kapacita výrobní linky umožňuje. To šetří fixní náklady na nové výrobky, jelikož není potřeba pořizovat celou novou výrobní linku, ale pouze nástroje pro stroje. Dále to také šetří místo, které lze využít pro zcela nové projekty, avšak komplikuje to výrobu o přestavby neboli výměny nástrojů ve strojích. Nežádoucím efektem je, že výrobní linka v době přestavby neprodukuje výrobky, nepřidává žádnou hodnotu materiálu, zkrátka nevydělává peníze. Proto se musíme snažit snížit časy přestaveb na minimum a k tomu slouží právě metoda SMED, na kterou se tato práce zaměřuje.

# 1 Štíhlý podnik

Jelikož metoda SMED, která bude později detailně popsána, se týká pouze výrobních závodů, a to pouze v případě, kdy má závod snahu stát se závodem nebo podnikem štíhlým, je nutné definovat samotný „Štíhlý podnik“. Dříve než definuji termín „Štíhlý podnik“ je potřeba definovat „Podnik“ samotný. Podle §5 obchodního zákoníku je podnik definován takto: „Podnikem se pro účely tohoto zákona rozumí soubor hmotných, jakož i osobních a nehmotných složek podnikání. K podniku náleží věci, práva a jiné majetkové hodnoty, které patří podnikateli a slouží k provozování podniku nebo vzhledem k své povaze mají tomuto účelu sloužit.“ [6] Podnik má v první řadě vytvářet zisk, a jelikož se bavíme o podniku výrobním, znamená to vytvářet zisk prodejem vyráběného produktu. V dnešní době tržního hospodářství je nejen na výrobní podniky vyvíjen velký tlak konkurencí, ten nutí podniky zkvalitňovat své produkty nebo služby. Úspěšný podnik je takový podnik, který je schopný vyrobit a doručit svůj produkt zákazníkovi v co nejkratší době, v co nejlepší kvalitě a za co nejlepší cenu. Jak již bylo zmíněno v úvodu,  $Zisk = prodejní\ cena - náklady$ , a jelikož prodejní cenu určuje trh, nezbyvá než minimalizovat náklady. Podnik, který dokáže náklady minimalizovat při stálé nebo dokonce vzrůstající kvalitě, je podnik štíhlý. Základem štíhlého podniku je podle definice jeho kultura, realizace a koncentrace na cíle. Dále se štíhlý podnik opírá o čtyři hlavní pilíře, kterými jsou: štíhlá administrativa, štíhlá výroba, štíhlý vývoj a štíhlá logistika, viz Obrázek 1-1 Pilíře štíhlého podniku [7].



Obrázek 1-1 Pilíře štíhlého podniku [7]

Jelikož metoda SMED je metodou průmyslového inženýrství, která slouží ke zeštíhlení výroby, budeme se dále zabývat právě štíhlou výrobou.

## 1.1 Štíhlá výroba

Nejprve je důležité definovat samotnou výrobu. Výroba je procesem přeměny surových materiálů, komponent a dílů na hotové výrobky, které uspokojují zákaznicka očekávání a požadavky. [8] K transformaci materiálu na hotový výrobek slouží sled po sobě jdoucích technologických operací, které výrobku přidávají hodnotu. Výroba se dělí do třech základních typů podle objemu produkce: výroba kusová, sériová a hromadná. Kusová výroba je výroba většinou velmi složitých produktů na zakázku v malém počtu kusů, ale co do rozmanitosti mnohem pestřejší. Pro výrobu kusovou se většinou volí technologické uspořádání strojů ve výrobní hale. Sériová výroba je výroba velkých objemů produktů (sérií) vyráběných převážně

na výrobních linkách metodou „One piece flow“ (metoda toku jednoho kusu), pro tuto výrobu se volí většinou předmětné uspořádání strojů ve výrobní hale. Hromadná výroba je výroba většinou jednoduchých součástí ve velkém množství a bývá zde vysoký stupeň automatizace.

Štíhlá výroba je taková výroba, která se snaží eliminovat plýtvání, japonsky „Muda“. Známe 7+1 druhů plýtvání, které si rozebereme detailně v další kapitole. K eliminaci plýtvání slouží nástroje a metody průmyslového inženýrství. Proces eliminace plýtvání se také nazývá proces neustálého zlepšování, takzvané Continuous Improvement. Základní metodikou neustálého zlepšování je takzvaný Demingův cyklus nebo také cyklus PDCA.

### Demingův cyklus

Jiný název Demingova cyklu, cyklus PDCA, je zkratka čtyř anglických slov, která tento cyklus popisují: Plan – Do – Check – Act, tedy Naplánuj – Proved' – Ověř – Jednej. Jedná se o čtyřkrokový model provádění změn. Tak jako kruh nemá žádný konec, PDCA cyklus by měl být prováděn stále dokola, potom se teprve jedná o neustálé zlepšování.

1. Plan – Naplánuj. Objev příležitost a naplánuj změny.
2. Do – Proved'. Otestuj změnu a vytvoř studii.
3. Check – Ověř. Zkontroluj test a analyzuj výsledky.
4. Act – Jednej. Jednej na základě analýzy výsledků testu. Pokud změna neměla kladný dopad, opakuj postup od začátku cyklu. Pokud měla změna kladný dopad, použij to, co jsi se naučil pro další změny, opakuj cyklus.



Obrázek 1-2 Cyklus PDCA

Cyklus PDCA může být použit v akčních plánech a jeho vizualizace může vypadat takto:

Tabulka 1-1 Akční plán

Č. akce	Popis problému	Řešení	Zodpovědná osoba	P	D	C	A
1	Příliš pomalý cyklový čas při výrobě reference č. 123	Analýza úzkého místa a jeho následné odstranění	J. Novák				
2	Nedostatečná pojistná zásoba reference č. 321	Výpočet nové pojistné zásoby	P. Strnad				

Modrá pole znázorňují, který z kroků cyklu PDCA již proběhl. Osoba zodpovědná za akční plán poté sleduje progres jednotlivých úkolů v akčním plánu a vizualizuje je tím. [9]

## 1.2 MUDA

S japonským pojmem muda neboli plýtvání se začal jako první zabývat japonský podnikatel a průmyslový inženýr Taiichi Ohno. Taiichi Ohno sledoval často své zaměstnance při práci a zjistil, že procento času, po který při práci reálně přidávají výrobku hodnotu, je velmi malé, většina času byla muda, plýtvání. Taiichi Ohno definoval 7 druhů muda:

1. Muda nadprodukce
2. Muda zásob
3. Muda oprav a zmetků
4. Muda pohybu
5. Muda zpracování
6. Muda čekání
7. Muda dopravy

V dnešní době se přidává ještě jeden druh muda:

8. Muda nevyužitého lidského potenciálu

### 1.2.1 Muda nadprodukce

S mudou (plýtváním) nadprodukce se ve výrobě setkáváme velmi často. Vychází ze strachu vedoucího výroby z možných poruch stroje, absence pracovníků atd. Z toho důvodu výroba vyrábí větší množství produktů, než je v plánu, a to uloží do skladu jako případnou rezervu. Tím dochází k nadměrné spotřebě materiálu, zbytečně se plní kapacita výrobní linky, která může být nahrazena například preventivní údržbou, zvedají se skladovací, dopravní a také administrativní náklady. Tyto přebytečné zásoby také zakrývají různé problémy, které by bez nich „vypluly na povrch“ a se kterými by se mohlo začít pracovat, jako jsou například problémy s kvalitou nebo prostoji výrobní linky. [3]

### 1.2.2 Muda zásob

Muda zásob úzce souvisí s mudou nadprodukce, jelikož při nadprodukcí zásoby vznikají. Těmi zásobami nemusíme myslet jen hotové finální výrobky, ale také rozpracovanou výrobu, nepotřebné součástky a podobně. Příkladem mohou být OES (Original Equipment Supplier) díly v automobilovém průmyslu. Na rozdíl od OEM (Original Equipment Manufacturer) dílů mohou na OES díly přijít odvolávky jen jednou nebo dvakrát ročně, a to ještě malé množství,

kteřé jsme schopni vyrobit za jedinou směnu. I přesto se vedení výroby rozhodne držet pojistné množství tohoto dílu na skladě, kde nečinně půl roku leží Muda oprav a zmetků. [3]

### 1.2.3 Muda oprav a zmetků

Každý vadný kus, který výroba vyprodukuje, je pro firmu obrovským plýtváním, a to ze dvou důvodů: buďto se musí opravit, což sebou nese další náklady, anebo se musí zlikvidovat a tím jsme přišli jak o materiál, tak o práci vloženou do produktu. Při vysokém stupni automatizace ve výrobě může automatická výrobní linka začít produkovat velké množství zmetků bez povšimnutí. Z toho důvodu ji musíme vybavit zařízeními, která okamžitě detekují chybu a zastaví výrobu. Těmito zařízeními mohou být například různé kamery a senzory, které snímají důležité body na výrobku. Jednou ze základních metod pro snížení zmetkovitosti výroby, hlavně tedy chyb zapříčiněných pracovníkem, je metoda nazývaná v japonštině Poka Yoke, což znamená chybu-vzdorný. [3]

### 1.2.4 Muda pohybu

Samotným pohybem se materiálu nepřidává výrobku žádná hodnota, proto je potřeba pohyb eliminovat. Velké vzdálenosti mezi stroji, přehmatávání, zdvihání, ohýbání se, to vše jsou pohyby, které v první řadě vyčerpávají pracovníka, jenž má díky tomu menší produktivitu, ale ještě zpomalují celou výrobu. Jako příklad můžeme uvést výrobní linku, kde jsou stroje ve velké vzdálenosti od sebe a pracovník je úzkým místem výroby. Ušetření každého metru jeho chůze po pracovišti zkracuje cyklový čas výroby a tím zvyšuje produktivitu. Tento druh plýtvání se také snažíme eliminovat pomocí metody SMED, a to při přestavbě výrobní linky. Příkladem může být nástroj, který je umístěn ve velké vzdálenosti od stroje, pracovník tedy musí pro nástroj jít podstatně delší čas, než kdyby měl nástroj umístěný u stroje, nebo v nejbližší možné vzdálenosti od něho. [3]

### 1.2.5 Muda zpracování

Toto plýtvání vzniká při samotných technologických operacích. Příkladem může být soustružení výrobku, který má na určité ploše podle výkresu danou drsnost Ra 3,2  $\mu\text{m}$ , ale vyrábí se s drsností Ra 1,6  $\mu\text{m}$ . Zákazník požaduje drsnost pouze 3,2, zatímco my obrábíme na 1,6, což je proces pomalejší a nákladnější. Dalšími příklady mohou být například příliš velký náběh nebo přeběh obráběcího stroje, nebo přebytočné odstraňování otřepů po řezání, jelikož je tupý řezací kotouč apod. K analýze tohoto druhu plýtvání můžeme použít například videokameru – natočíme si proces, který chceme analyzovat, video nahrajeme do počítače a potom analyzujeme veškeré časy, které nepřidávají hodnotu a které lze zkrátit například změnou programu nebo technologie. [3]

### 1.2.6 Muda čekání

Jakékoliv čekání ve výrobě je nežádoucí, čekat může operátor na materiál, na dokončení cyklu stroje, na předchozí operaci, na seřizovače, na pracovníka údržby, prakticky na cokoliv. Čekání na cyklus stroje lze ovlivnit zrychlením taktu stroje nebo vybalancováním operátorů tak, aby v době, kdy stroj pracuje, pracovník vykonával jinou práci přidávající hodnotu. Čekání na materiál lze eliminovat použitím metody průmyslového inženýrství Milkrun. Čekání při poruše stroje lze eliminovat zavedením preventivní údržby TPM1 a TPM2 (Total Productive Maintenance). Důležité je jakýmkoliv způsobem eliminovat všechny druhy čekání. [3]

### **1.2.7 Muda dopravy**

Veškerá doprava materiálu taktéž nepřidává žádnou hodnotu, a navíc jej může poškodit. Proto se musíme snažit dopravu co nejvíce zkrátit, a to jak externí, tak interní. K racionalizaci interní dopravy lze využít metod průmyslového inženýrství jako je například Milkrun, nebo zavedení 5S, vhodné uspořádání výrobní haly, správné napočítání bezpečnostních zásob apod. [3]

### **1.2.8 Muda nevyužitého lidského potenciálu**

V dnešní době nově zavedeným muda je muda nevyužitého lidského potenciálu. To znamená, že necháme nesprávné lidi dělat nesprávnou práci nebo nerozvíjíme potenciál našich zaměstnanců školeními, tréninky a podobně, nevychováme novou generaci nástupců, nevyužíváme kreativity zaměstnanců, nenasloucháme jim. Dobrým příkladem může být takzvaný „Suggestion system“ neboli systém nápadů. Zaměstnanci firmy mohou vypisovat nápady na zlepšení výroby na určenou tabuli a tím přispívat ke zlepšení podniku. Pracovník na lince vidí procesy z jiného úhlu než pracovník THP a může mít velmi dobré nápady k zefektivnění práce a vylepšení pracovního prostředí. [3]



## 2 Popis metod sloužících k racionalizaci práce na výrobních linkách

### 2.1 Kaizen

V roce 1986 publikoval Masaaki Imai knihu *Kaizen: klíč k japonskému ekonomickému úspěchu*. Od té doby je slovo Kaizen skloňováno po celém světě téměř ve všech podnicích. Kaizen znamená v japonštině neustálé zlepšování. Kaizen je více filozofie než metoda a její podstata tkví v neustálém zlepšování všech procesů ve firmě, a to jak managementem, tak všemi ostatními zaměstnanci. Kaizen necílí pouze na podniky, Kaizen by měl být stylem života, to znamená, že každý člověk by se měl neustále zlepšovat ve svých dovednostech, schopnostech, chování a podobně.

Na rozdíl od japonských podniků ty evropské se zaměřují spíše na inovace, velké změny jak v technologiích, tak v managementu. Tyto změny jsou velmi zřetelné, rychlé a drahé. Kaizen na druhou stranu je pomalým zlepšováním, užívá selského rozumu a změny přinášené touto filozofií se projevují v delším časovém horizontu. Výhodou je nízká rizikovost těchto změn.

#### 2.1.1 5S

5S je pojmem toliko skloňovaným v poslední době, setkáme se s ním téměř ve všech výrobních závodech v automobilovém průmyslu. 5S, nebo také pět kroků k dobrému hospodaření. Co 5S znamená? Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke, neboli rozřídí, srovnej, vyčisti, systematizuj a standardizuj.

1. Seiri (rozřídí): oddělte a odstraňte z pracoviště vše zbytečné.
2. Seiton (srovnej): uspořádejte všechny nezbytné věci tak, aby k nim byl dobrý přístup.
3. Seiso (vyčisti): všechno – nástroje a pracovní plochy – musí být čisté, bez skvrn a odpadu. Odstraňte také zdroje špíny.
4. Seiketsu (systematizuj): čištění a kontrola musí být rutinní záležitostí.
5. Shitsuke (standardizuj): standardizujte předchozí čtyři kroky tak, aby se z nich stal nikdy nekončící opakovaný proces, který je možné zdokonalovat. [3]

Metoda 5S má pozitivní vliv jak na kvalitu výroby, tak na produktivitu, efektivitu a také na náladu pracovníků. Jakmile pracovník pracuje na pracovišti, které je špinavé, nepřehledné, snižuje to samozřejmě i jeho chuť k práci. 5S by však měli dodržovat i pracovníci THP ve svých kancelářích. 5S lze uplatnit i doma v kuchyni, na pracovním stole, kdekoliv.



Obrázek 2-1 5S [10]

### 2.1.2 Vizualní management

S 5S úzce souvisí vizuální management, který pomáhá dělníkům v orientaci na pracovišti. Vizuální management na pracovišti se řídí takzvanými 5M, která v češtině znamenají lidské zdroje, stroje, materiály, metody a měření.

#### Lidské zdroje (obsluha strojů)

Tento faktor lze na pracovišti vizualizovat například docházkovou tabulí, kterou vyplňuje nadřízený. Stejným způsobem lze vizualizovat počet úrazů za měsíc. Dalším důležitým ukazatelem je takzvaná „polyvalence matrix“ neboli matice schopností, kde jsou u každého pracovníka vizualizovány jeho dovednosti při různých technologických operacích pomocí barevné škály, od zácviku k dokonalé dovednosti. Všechny tyto ukazatele by měly být na viditelném místě na začátku linky. Operátor v zácviku mívá zpravidla jiné oblečení nebo je označen páskou na ruce, aby ostatní pracovníci dbali zvýšené opatrnosti. Všechny tyto ukazatele slouží spíše vedení firmy, které při obchůzce výrobních linek může z těchto ukazatelů rychle zjistit stav personálu na výrobní lince.

#### Stroje

Základní informace o stavu stroje vizualizuje zařízení Jidohka. Tímto zařízením může být malý semafor na každém stroji, který svítí buďto zeleně (stroj vyrábí), žlutě (stroj nevyrábí z důvodu přestavby nebo údržby), nebo červeně (stroj nevyrábí z důvodu poruchy). Červená barva na semaforu je potom jasným signálem k reakci pro oddělení údržby. Dalšími vizuálními pomocníky jsou ukazatele stavu oleje, provozního tlaku a podobně. Zajímavý nápad pochází z výrobního závodu společnosti Tesla Motors, kde každá pohyblivá část ve výrobě je natřena červenou barvou (pohyblivé části strojů, vrata, manipulační roboti, pásové dopravníky, jízdni kola zaměstnanců) a každá nepohyblivá část barvou bílou (stěny, podlaha, stropy, nepohyblivé části strojů, stoly). To má pozitivní efekt na bezpečnost práce, jednoduše pracovníci musí dbát zvýšené opatrnosti na všechny červené věci.

#### Materiály

Pro vizualizaci stavu materiálu slouží například štítky na balení, které nesou informaci o čísle materiálu, čísle finálního výrobku, počtu kusů v balení a čísle další operace. Informací může být na štítku samozřejmě mnohem více. K vizualizaci skladových zásob v kanbanu mohou sloužit barevně vyznačená pole pod balením. Dokud máme dostatek pojistné zásoby, vidíme zelenou barvu, pokud odebereme více materiálu a objeví se barva žlutá, je potřeba naplánovat výrobu na blízký termín, pokud odebereme tolik materiálu, že se objeví červená barva, znamená to, že musíme začít neprodleně vyrábět, jelikož hrozí zastavení výrobní linky v dalším procesu. Napočítat skladové zásoby a počet balení na všechna tři barevná pole je velmi zodpovědný úkol, při chybné kalkulaci můžeme ohrozit plynulost výroby.

#### Metody

Vizualizace standardů práce, kterými se budu zabývat v následujících kapitolách, je důležitým nástrojem kontroly správnosti práce na pracovišti. Standard práce by měl být přehledný, uložený na zjevném místě, aby mistr výroby mohl přijít na pracoviště a podle tohoto standardu zkontrolovat, zda pracovník pracuje podle předem daného postupu. Standard práce má obrovský vliv na efektivitu a výkonnost výroby. Standard práce lze vizualizovat například Ganttovým diagramem a mapou pracoviště.

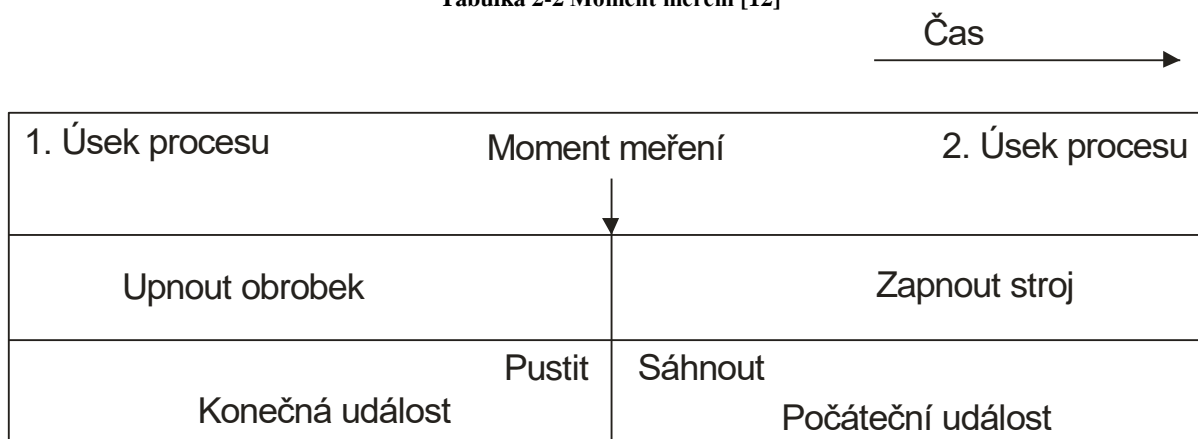


Tabulka 2-1 Typy chronometráže [12]

	Název studie	Použití
Snímky operace	plynulá chronometráž	měření všech úkonů v operaci s pravidelným sledem úkonů
	výběrová chronometráž	měření času vybraných úkonů
	snímková chronometráž	měření času všech úkonů v operaci s nepravidelným sledem úkonů
	sumární měření	měření času celé operace bez členění na úkony
Snímky pracovního dne	snímek pracovního dne jednotlivce	měření všech dějů v průběhu směny u jednoho pracovníka
	snímek pracovního dne čtyř	měření všech dějů v průběhu směny u všech členů čtyř současně
	hromadný snímek pracovního dne	měření všech dějů v průběhu směny u několika pracovníků kteří nepracují společně
	vlastní snímek pracovního dne	měření všech dějů nebo vybraných dějů ve směně pracovníkem, který provádí práci

Pro správné měření je důležité stanovit si takzvaný moment měření, který určuje od kdy do kdy danou operaci měříme, například měření cyklu obráběcího stroje začneme měřit od zmáčknutí tlačítka START do otevření bezpečnostních dveří. Momenty měření je důležité stanovit ještě před započatím samotného měření.

Tabulka 2-2 Moment měření [12]



V praktické aplikaci metody SMED budeme používat snímkovou chronometráž, jelikož má optimální časovou náročnost při zachování dostatečné detailnosti analýzy. Časové náměry mají svá pravidla, kterými by se měl průmyslový inženýr řídit, aby byla jeho analýza dostatečně přesná a vypovídající.

1. „Pozorovatel musí být odborně schopen rozčlenit a posoudit pracovní proces. Musí ovládat techniku časového snímku a v případě nutnosti i posouzení stupně výkonu.
2. Pokud jde o záznam dat přímo na pracovišti, měl by se pozorovatel postavit tak, aby pozorovaného pracovníka co možná nejméně ovlivňoval, ale aby měl zároveň dobrý výhled.
3. Pozorovaný pracovník musí být zaškolený.
4. Během záznamu času je třeba pokud možno zamezit diskuzím, aby bylo možno plynule sledovat průběh jednotlivých operací.
5. Je třeba předem informovat jak nadřízeného daného pracovního místa, tak i pracovníka, kterého se měření času bude týkat.
6. Formulář časového snímku představuje listinný doklad, a proto se v něm nesmí nic gumovat. Zápisy musí být provedeny psací tužkou odolnou proti vymazání.
7. V neposlední řadě musí být zajištěno dodržení bezpečnostních předpisů.“ [12]

### 2.3 Balancování výrobních linek

Jednoduše řečeno výrobní linka je vybalancovaná, pokud je čas cyklu každého operátora stejný. Balancování výrobních linek je úkolem pro průmyslové inženýrství, při kterém je soubor pracovních úkolů na lince rozdělen na stejně velké (stejně trvajících) části. Dobré vybalancování výrobní linky zvyšuje její produktivitu.

Strategií balancování je vytvořit výrobní linku dostatečně flexibilní, aby absorbovala vnější a vnitřní nesrovnalosti (náhodné události). Existují dva typy balancování výrobních linek:

1. Statické balancování – reaguje na dlouhodobé rozdíly v kapacitě, to znamená v intervalu několika hodin a více, statická nerovnováha vede k nedostatečnému využití strojů a pracovníků.
2. Dynamické balancování – reaguje na krátkodobé rozdíly v kapacitě, to znamená v intervalu několika minut až maximálně jedné hodiny.

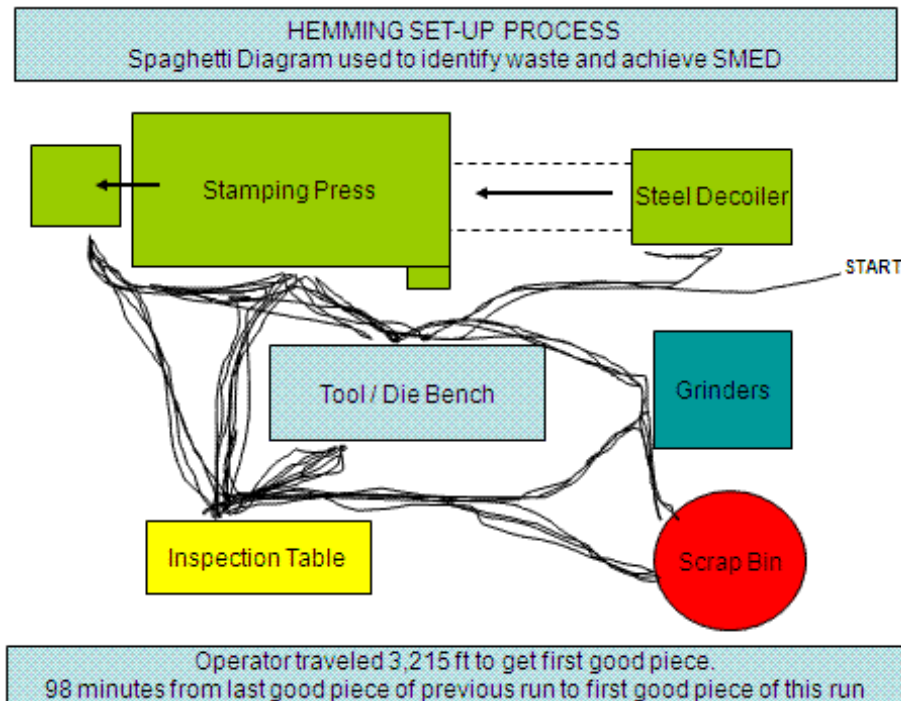
Vytváření výrobní linky a procesu je více uměním než vědou. Flexibilita pracovních úkolů je klíčem k efektivnímu řízení zdrojů a pokud je pracovník schopen kontrolovat a provádět základní údržbu stroje na němž pracuje, snižuje tím potenciálně riziko poruchy stroje a chod linky je tím hladší. [15]

### 2.4 Spaghetti diagram

Spaghetti diagram je nástroj pro vizuální analýzu toku materiálu nebo pracovníků na výrobní lince. Analýza probíhá v krátkém časovém úseku (pouze několik cyklů) a jedná se o zakreslování jednotlivých cest do layoutu výrobní linky. K analýze pomocí spaghetti diagramu jsou zapotřebí tyto věci: layout linky v měřítku, barevné tužky, měřicí pásma, stopky a operátoři pracující na lince. Celý proces analýzy lze popsat v osmi krocích:

1. Nejprve je nutné zaznamenat si kroky procesu stranou od layoutu kvůli lepšímu přehledu.
2. Poté začneme zaznamenávat tok materiálu nebo operátorů do layoutu směrovými šipkami. Začneme prvním krokem v procesu.
3. Nesmíme vynechat žádný krok procesu, ani netypické pohyby, které mohou být dobrými příležitostmi ke zlepšení procesu. Netypické výjimečné pohyby se objevují častěji, než předpokládáme.
4. Také musíme zaznamenat čas všech operací mezi jednotlivými přesuny.

5. Zaznamenáme také oblasti, kde se materiál zastavuje, čeká, je kontrolován, vyzvedáván apod.
6. Zaznamenáme jména pracovníků, datum a čas analýzy, čísla materiálů apod.
7. Vypočítáme vzdálenosti mezi operacemi a časy cyklů pro lepší přehled o procesu.
8. Vytvoříme druhý diagram s vizualizací optimálního toku.



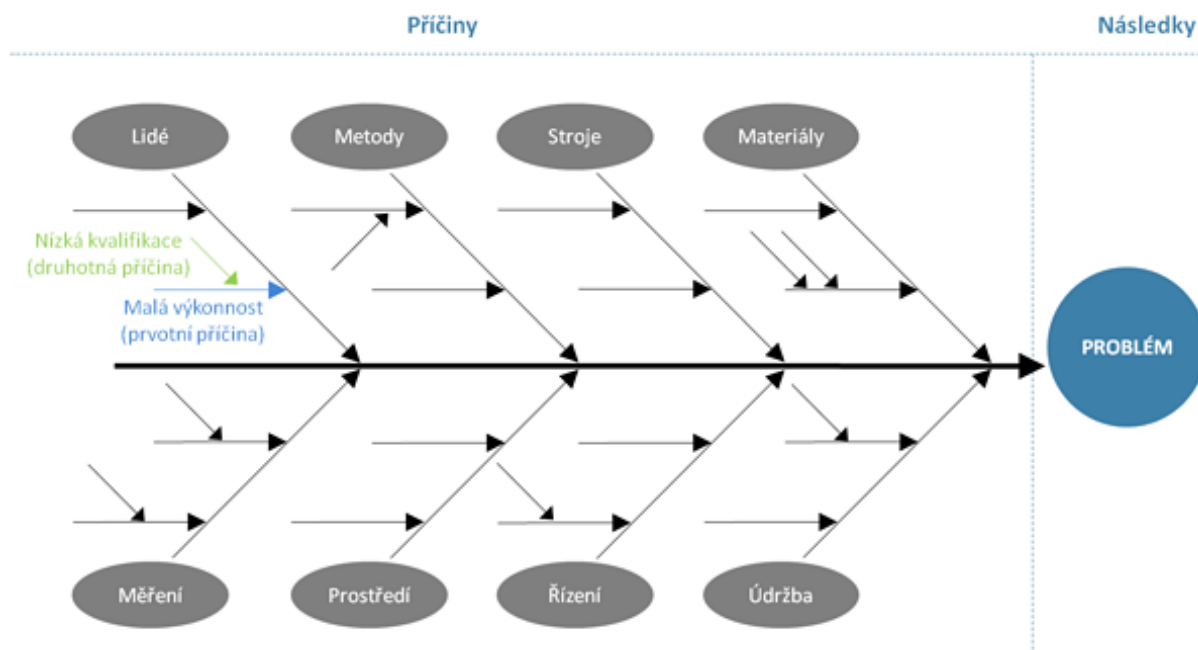
Obrázek 2-3 Spaghetti diagram [13]

Zjednodušený spaghetti diagram můžeme použít v pracovních návodkách, standardech práce a samozřejmě také v návodkách pro přestavbu výrobní linky po aplikaci metody SMED. [13]

## 2.5 Ishikawův diagram

Ishikawův diagram, nebo také diagram rybí kosti, diagram příčin a následků nebo jednoduše také Ishikawa. Tento diagram slouží k nalezení příčin problémů a v praxi se využívá hlavně při hledání příčiny nekvality výroby. Příčiny se hledají v osmi základních dimenzích 8M (8 rybích kostí).

1. *"Man power – People (Lidé) - příčiny způsobené lidmi*
2. *Methods (Metody) - příčiny způsobené pravidly, směrnicemi, legislativou či normami*
3. *Machines (Stroje) - příčiny způsobené zařízením jako jsou stroje, počítače, nářadí, nástroje*
4. *Materials (Materiál) - příčiny způsobené vadou nebo vlastností materiálů*
5. *Measurements (Měření) - příčiny způsobené nevhodným nebo špatně zvoleným měřením*
6. *Mother nature – Environment (Prostředí) - příčiny způsobené vlivem prostředí – teplotou, vlhkostí, nebo také kulturou*
7. *Management – příčiny způsobené nesprávným řízením*
8. *Maintenance – příčiny způsobené nesprávnou údržbou“ [14]*



Obrázek 2-4 Ishikawův diagram [14]

### 3 SMED

Hlavní ideou metody SMED je zredukovat čas výměny nástroje ve strojích na výrobní lince, a to často až pod 10 minut, kdy původní doba mohla činit i více než jednu hodinu. Každý krok výměny nástroje je analyzován, zda je možné některé kroky eliminovat, přesunout nebo zjednodušit.

SMED znamená Single Minute Exchange of Die neboli výměna nástroje v jedné minutě. Podstatou metody je konvertovat většinu kroků přestavby na kroky externí, tedy kroky, které je možné vykonat za běhu stroje, a zbývající kroky zjednodušit a racionalizovat. Jaké jsou tedy výhody metody SMED?

1. Nižší náklady výroby, jelikož nižší čas přestavby znamená méně prostojů stroje.
2. Menší objem výroby v jedné dávce, jelikož rychlejší přestavba umožňuje rychlejší změnu výroby.
3. Flexibilnější reakce na zákaznické požadavky, jelikož rychlejší přestavba umožňuje flexibilnější plánování výroby.
4. Nižší skladové zásoby.
5. Hladší start výroby, standardizovaná přestavba má pozitivní vliv na kvalitu výroby.

Metoda SMED byla vytvořena panem Shingeo Shingem, japonským průmyslovým inženýrem, který touto metodou dokázal zredukovat časy přestaveb průměrně o 94 % napříč všemi podniky, ve kterých pracoval, to znamená například z 90 minut na necelých 5 minut. Tento rozdíl se zdá být až nereálným, ale uveďme si jeden příklad za všechny. Průměrnému řidiči trvá výměna jednoho kola u automobilu zhruba 15 minut, výměna všech čtyř kol u závodní formule trvá týmu mechaniků necelých 15 sekund. Týmy F1 nebo NASCAR mají perfektně zvládnutou metodu SMED na výměnu kol, kdy příprava nástrojů a nových kol probíhá v boxech ještě když je formule na dráze, tým čeká připraven na svých místech, aby pouze uvolnil šrouby, vyměnil kola, utáhl šrouby a formule mohla pokračovat v závodě. Běžné automobily mají na každém kole 5 až 6 šroubů, formule 1 má pouze jeden šroub na každém kole, a to ještě se speciálním vodícím systémem pro správné nasazení pistole.

Metoda SMED rozlišuje dva základní druhy kroků při přestavbách:

1. Externí kroky – je možné provádět za běhu stroje
2. Interní kroky – je možné provádět pouze po zastavení stroje

Použití metody SMED má tři základní fáze, ty musí jít přesně za sebou a je možné iterovat neboli opakovat cyklus vícekrát po sobě.





Obrázek 3-1 Fáze metody SMED [16]

Před aplikací metody SMED (Before SMED) trvá přestavba (Changeover)  $x$  minut.

1. Fáze – Separace (Separate) kroků (elementů) na interní a externí.
2. Fáze – Konverze (Convert) co největšího počtu dosavadně interních elementů na externí a eliminace zbytečných elementů.
3. Fáze – Racionalizace interních i externích elementů. [16]

### Příklad postupu metody SMED

Snížení času přestavby pomůže jakémukoliv výrobnímu podniku ke zvýšení efektivity, to však neznamená, že by tato metoda byla alfou a omegou zeštíhlování výroby. V některých případech je potřeba začít zeštíhlovat a zlepšovat výrobu jinými, jednoduššími metodami. K tomu, aby se vedení výrobního podniku mohlo rozhodnout, zda použít tuto metodu, je nutné sbírat tvrdá data o výrobě a na základě jejich analýzy zaujmout stanovisko. Dobrým ukazatelem je celosvětově používané OEE (Overall Equipment Effectiveness).

$$OEE [\%] = \text{Výkonnost} \cdot \text{Dostupnost} \cdot \text{Kvalita}$$

$$\text{Výkonnost} [\%] = \frac{\text{počet vyrobených kusů} \cdot \text{cyklový čas}}{\text{časový fond pracovníka}}$$

Výkonnost je parametrem pracovníka, zdali je schopen vyrábět v daném taktu, to ovlivňuje například dodržování standardu práce.

$$\text{Dostupnost} [\%] = \frac{\text{časový fond stroje} - \text{plánované prostoje} - \text{neplánované prostoje}}{\text{časový fond stroje}}$$

Dostupnost je parametrem stroje a je klíčová právě pro výše zmíněné rozhodnutí.

$$\text{Kvalita} [\%] = \frac{\text{Celkový počet vyrobených kusů} - \text{počet zmetků}}{\text{Celkový počet vyrobených kusů}}$$

Kvalita je parametrem jak pracovníka, tak stroje.

Jak již bylo zmíněno, dostupnost je klíčovým ukazatelem pro výše zmíněné rozhodnutí. Pro lepší porozumění ještě vysvětlím všechny parametry ve vzorci.

- Časový fond stroje – v osmihodinové směně je časový fond stroje  $8 \cdot 60 = 480$  minut.
- Plánované prostoje – zákonem dané přestávky pro pracovníky, v osmihodinové směně činí zhruba 40 minut, plánovaná údržba atd.
- Neplánované prostoje – poruchy stroje, čekání na materiál, čekání na obsluhu a také přestavby, jednoduše všechny nežádoucí prostoje na lince, které je nutné eliminovat.

Jedna filozofie tvrdí, že pokud přestavby činí více jak 20 % ztrát na dostupnosti, mělo by se ihned přistoupit k aplikaci metody SMED. Pokud tomu tak není a ztráty na dostupnosti jsou způsobené převážně poruchami strojů, mělo by se přistoupit k aplikaci preventivní údržby TPM. [16]

### 3.1 Krok 1. – Určení pilotní oblasti

Prvním krokem implementace metody SMED do výrobního podniku je identifikace pilotní linky. V následujícím seznamu jsou popsány důležité charakteristiky, které by měla pilotní linka splňovat.

- Doba trvání přestavby – délka přestavby by měla být dostatečně dlouhá, aby zde byl dostatek prostoru pro zlepšení, avšak ne příliš dlouhá, aby implementace metody nebyla hned zpočátku časově extrémně náročná; přestavba trvající jednu hodinu je dobrým pilotním příkladem.
- Variace – velké rozdíly mezi délkami přestaveb na lince, například od jedné do tří hodin.
- Příležitosti – je důležité, aby byla metoda aplikována na vysokootáčkový výrobek, například takový, který se vyrábí několikrát do týdne, aby zde byla příležitost implementaci metody rychle testovat.
- Všednost – další důležitou charakteristikou je, aby personál dobře znal vybavení na lince, aby práce s ním byla pro personál všední.
- Úzké místo – je vhodné, pokud je na výrobní lince úzké místo technického rázu, jehož eliminace se provede okamžitě.

Jakmile je vybrána vhodná výrobní linka pro pilotní SMED projekt, je nutné změřit výchozí čas přestavby, a to od konce předchozí produkce po začátek nové.

### 3.2 Krok 2. – Identifikace kroků přestavby

Nejjednodušší metodikou pro identifikaci všech kroků přestavby je natočit si videozáznam všech pracovníků při přestavbě ve stejný čas, je tedy důležité mít jednoho pracovníka pořizujícího záznam na každého pracovníka vykonávajícího přestavbu. Všechna videa se posléze nahrají do počítače a analyzují. Pro analýzu je vhodné vytvořit excelovou tabulku, kde se do prvního sloupce zapisují všechny kroky přestavby s popisem a do druhého sloupce jejich doba trvání.

### 3.3 Krok 3. – Separace kroků přestavby

Ve třetím kroku je nutné separovat kroky přestavby na interní a externí, k excelové tabulce přidáme další sloupec a ke každému kroku napíšeme, zdali je prováděn jako externí nebo interní krok.

### 3.4 Krok 4. – Konverze interních kroků na externí

Ve čtvrtém kroku podrobně rozebereme a do dalšího sloupce zapíšeme budoucí, ideální stav. Snažíme se tedy co nejvíce interních kroků převést na externí a co nejvíce externích kroků úplně eliminovat, do poznámky můžeme uvést, jaká opatření je potřeba zavést pro úspěšnou konverzi. V následujícím seznamu je několik příkladů, jaké interní kroky můžeme převést na externí.

- Příprava v předstihu – příprava nových přípravků a materiálu v předstihu, při stále běžící výrobě.
- Přípravky – použití dvojitých přípravků (pokud je to technicky možné).
- Modifikace – například použití ochranných krytů pohyblivých částí stroje, aby bylo možné přípravek očistit za chodu.

### 3.5 Krok 5. – Racionalizace kroků

V posledním kroku je důležité se zaměřit na zjednodušení a racionalizaci všech elementů tak, aby trvaly co nejkratší dobu, s důrazem na elementy interní, které ztráty na dostupnosti stroje ovlivňují nejvíce. V následujícím seznamu je několik příkladů zjednodušení kroků přestavby.

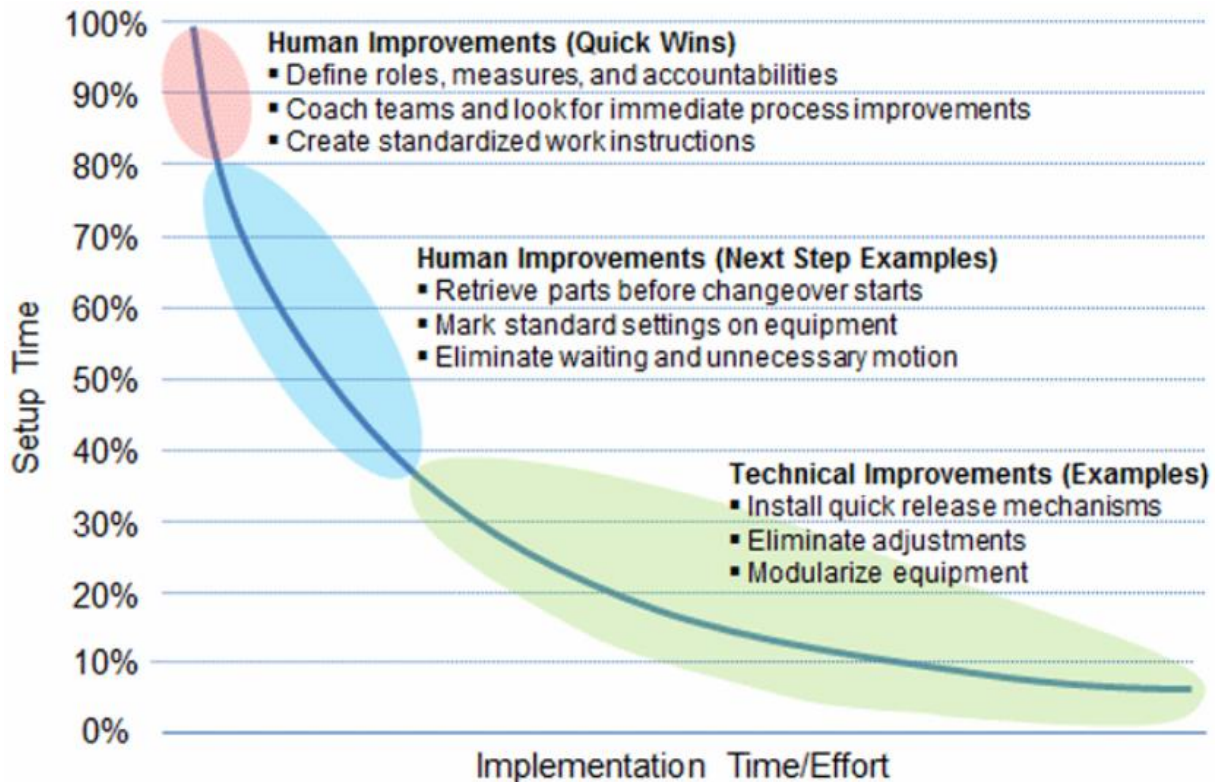
- Uvolnění a utažení přípravku – eliminace šroubů, uvolnění a utažení šroubu trvá enormně dlouhou dobu, je tedy na místě vyměnit je za rychloupínací systémy.
- Nastavení – eliminace co nejvíce nastavení užitím standardizovaných numerických nastavení, užití viditelných rysek na přípravcích.
- Pohyb – eliminace pohybu reorganizací pracoviště.
- Čekání – eliminace čekání.
- Standardizace nástrojů – tak, aby jich bylo zapotřebí co nejméně.
- Kroky – paralelní práce dvou pracovníků na přestavbě jednoho stroje je žádoucí, musí se ale dbát zvýšené opatrnosti při práci.
- Mechanizace.

Výstupem z pátého kroku by měla být standardizovaná pracovní instrukce pro přestavbu pro každého pracovníka na výrobní lince, na níž by měly být také informace o časové náročnosti jednotlivých kroků a o celkové době přestavby.

Při implementaci metody SMED ve výrobním podniku existují dvě roviny pro potenciální zlepšení.

- Lidská rovina – zlepšení je dosažitelné dobrou přípravou a organizací.
- Technická rovina – zlepšení je dosažitelné správným designem přípravků. [16]

Následující diagram zobrazuje procentuální dopad různých změn na čas přestavby v závislosti na investovaném času/úsilí těchto změn.



Obrázek 3-2 Procentuální dopad změn na čas přestavby [16]

Na ose X je znázorněn čas/úsilí vynaložené na implementaci změn, na ose Y je znázorněn procentuální dopad různých změn na čas přestavby. V zeleném poli se nachází změny v technické rovině – instalace rychloupínacích mechanismů, eliminace nastavování, modularizace nástrojů. V modrém poli se nachází změny v lidské rovině – příprava materiálu před započítáním přestavby, označení standardního nastavení na přípravku viditelnými značkami, eliminace zbytečných pohybů. V červeném poli se nachází také změny v lidské rovině, které jsou nejjednodušší pro implementaci – definování rolí a zodpovědností, školení týmu a hledání rychlých zlepšení procesu přestavby, vytvoření pracovního standardu. [16]

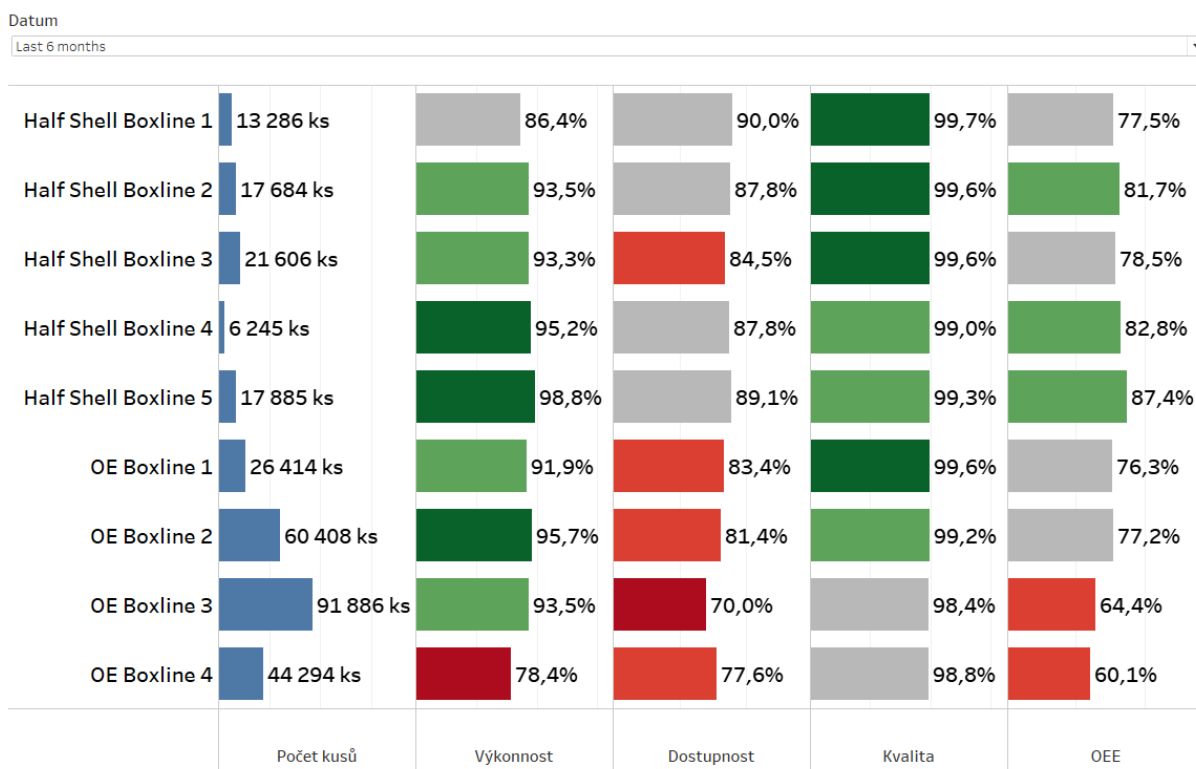
## 4 Určení pilotní oblasti

Prvním krokem aplikace metody SMED, jak již bylo zmíněno dříve, je určení pilotní oblasti, tedy výrobní linky nebo pracoviště, kde začneme metodu aplikovat. Zadavatel projektu (firma Bosal) rozhodl, že projekt bude realizován na středisku výroby tlumičů výfuků nebo také boxů. Na tomto středisku se nachází 9 výrobních linek, 4 linky na výrobu rolovaných boxů a 5 linek na výrobu boxů svařených ze dvou skořepin. Úkolem je tedy vybrat linku, která má nejmenší dostupnost, tedy nejvíce prostojů.

### Analýza prostojů

Na základě předchozí úvahy jsem vytvořil OEE report v programu Tableau, který sbírá data z OEE Access databáze. Tento report nese údaje o počtu vyrobených kusů, výkonnosti, dostupnosti, kvalitě a OEE za dané období. V Reportu jsem tedy vyfiltroval všech 9 výrobních linek na výrobu boxů a časový interval za posledních 6 měsíců, tedy od 1. 7. 2018 do 31. 12. 2018.

#### **BOSAL** OEE Report

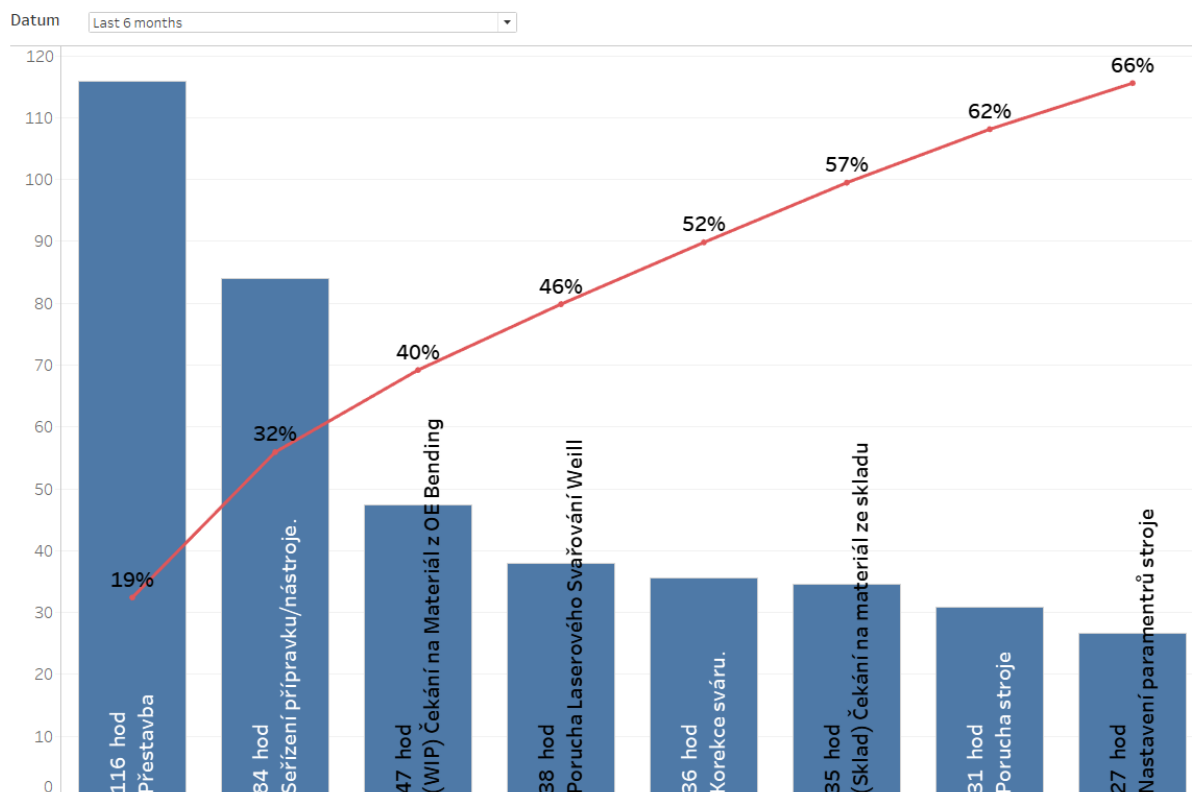


Obrázek 4-1 OEE report

V reportu nás zajímá pouze dostupnost, která je ukazatelem využití strojů. Nejnížší dostupnost 70,0 % má linka OE Boxline 3. To znamená, že linka vyrábí pouze v 70,0 % disponibilního času. Z tohoto důvodu se linka jeví jako ideální pro aplikaci metody průmyslového inženýrství, která zvyšuje právě dostupnost.

Dalším krokem bylo analyzovat prostoje, které vedou k tak nízké dostupnosti zařízení. Vytvořil jsem proto pareto prostojů pro linku OE Boxline 3 a časový interval jsem nastavil stejný, tedy od 1. 7. 2018 do 31. 12. 2018.

### BOSAL OE Boxline 3 - Neplánované prostoje

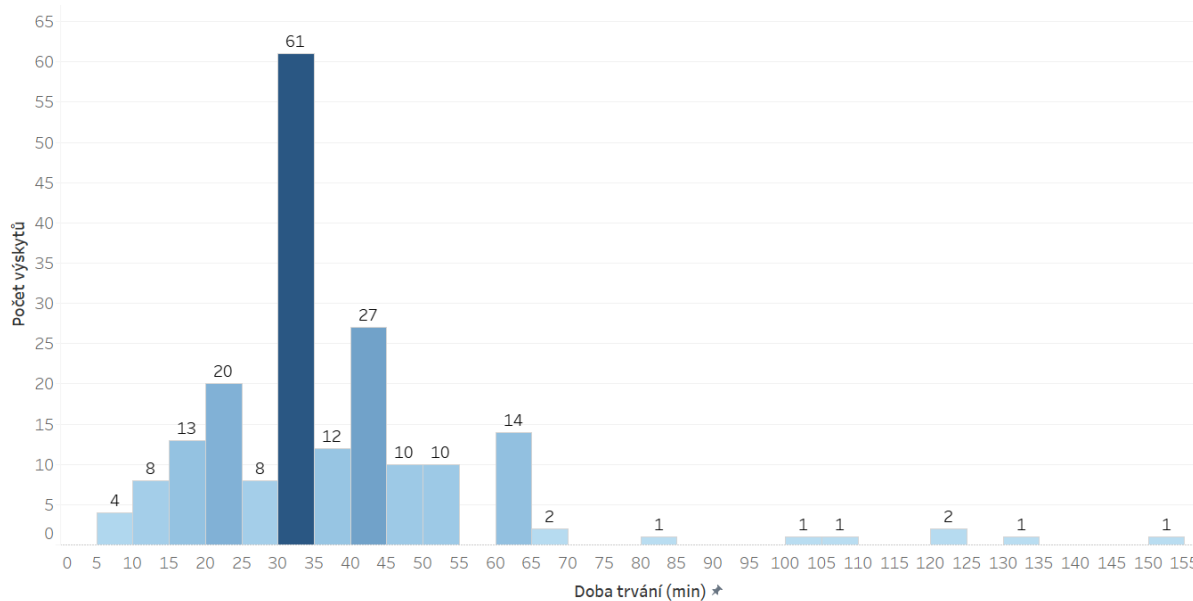


Obrázek 4-2 Pareto prostojů

Z pareta prostojů vyplývá, že nejvíce dostupnosti ubírají právě přestavby, které tvoří 19 % veškerých prostojů, proto je aplikace metody SMED optimální pro zvýšení dostupnosti zařízení.

Dále mě zajímala detailnější analýza samotných přestaveb, proto jsem vytvořil histogram přestaveb, kde osa X představuje dobu trvání přestavby a osa Y četnost přestaveb.

### BOSAL OE Boxline 3 - Histogram přestaveb



Obrázek 4-3 Histogram přestaveb

Časový interval je opět stejný, od 1. 7. 2018 do 31. 12. 2018, z histogramu přestaveb lze vyčíst, že nejvíce přestaveb (61) trvá od 30 do 35 minut. Velmi ojediněle trvají přestavby déle než 65 a méně než 15 minut.

## 5 Charakteristika výrobního systému

Bosal ČR je společností s ručením omezeným založenou v roce 1998 v Brandýse nad Labem. Bosal ČR je dceřinou společností firmy BOSAL sídlící v Belgii a patří do divize ECS (Emission Control System), která vyrábí výfukové systémy pro automobilky po celém světě. Firma BOSAL byla založena Karlem Bosem roku 1923 ve městě Alkmaar, spojením těchto jmen také vznikl název firmy (Karel BOS-ALkmaar). Firma Bosal provozuje 29 výrobních závodů, 6 R&D center a 18 distribučních center po celém světě. Firma zaměstnává zhruba 4 700 lidí a její roční obrat činí 693 milionů amerických dolarů. Závod v Brandýse nad Labem momentálně zaměstnává zhruba 700 lidí a vyrábí výfukové systémy pro zákazníky jako VW, Opel, Suzuki, Volvo atd.

### 5.1 Výrobní systém

Jak již bylo zmíněno, výrobní závod Bosal ČR spadá do divize ECS zabývající se výrobou výfukových systémů pro osobní automobily, a to od svodů od motoru až po koncovku výfuku. Většina výrobků se skládá ze vstupní trubky, tlumiče, výstupní trubky a koncovky. Výfuky mohou obsahovat jeden nebo dva tlumiče a jednu až čtyři koncovky, to závisí na typu automobilu. Některé výfuky obsahují elektronicky řízené klapky, které se otevrou při vyšších otáčkách motoru tak, aby zvuk automobilu byl sportovnější.

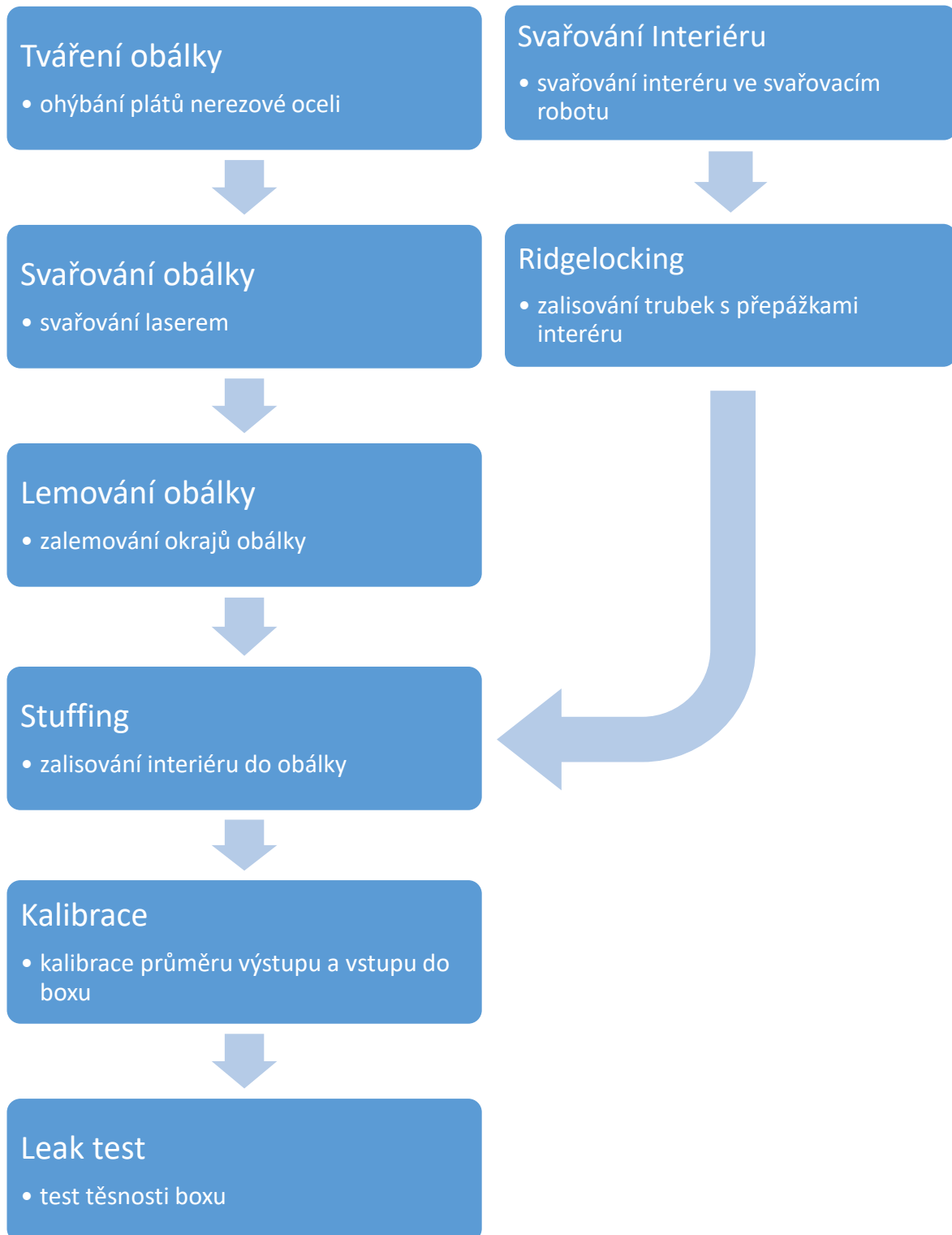
Vstupem pro výrobu výfukových systémů jsou hlavně polotovary z nerezové oceli: trubky různých průměrů, role plechů různých délek, plechové přepážky. Dále je to vata (která se vkládá do tlumičů), již zhotovené držáky výfuků k automobilu, klapky a elektrické motorky, které klapkami otáčejí a také substrát, který se vkládá do těla katalyzátoru. Nesmíme opomenout také svařovací dráty a chemikálie, které jsou nedílnou součástí výroby. Firma má portfolio přibližně 100 dodavatelů převážně českého a italského původu, některé komponenty se ale vyrábějí v jiných závodech firmy BOSAL.

Výrobní základna čítá zhruba 800 výrobních strojů různých technologií. Výrobu lze rozdělit na 3 hlavní části. První částí je ohýbací centrum, které ohýbá vstupní, výstupní a interiérové trubky, a které využívá především elektrických ohýbacích strojů, automatických pil, brusek, kalibračních a perforačních lisů. Druhou částí jsou takzvané box-linky, které vyrábějí tlumiče výfuků. Tyto linky lze rozdělit na další 2 poddruhy, a to linky vyrábějící rolované boxy a linky vyrábějící svařované boxy. U rolovaných boxů přichází na řadu laserové svařování obálek, různé jednoúčelové lisy, zavinovačky a stroje provádějící tlakovou kontrolu, takzvaný LeakTest. U svařovaných boxů využívá firma různé svařovací roboty a také částečně ruční technologii TIG, na těchto výrobních linkách nalezneme také jednoúčelové frézy a opět tlakovou kontrolu. Třetí částí výroby jsou linky finální výroby, na těchto linkách se převážně svařuje, a to vstupní trubka, box a výstupní trubka, popřípadě koncovka do jednoho celku. Svařování probíhá opět pomocí svařovacích robotů a částečně také ručními technologiemi TIG. Na finálních linkách také přichází na řadu montáž klapek a motorků a na konci opět tlaková kontrola celého výrobku.



## 5.2 Charakteristika výrobní linky

Výrobní linka, na které bude v praktické části diplomové práce aplikována metoda SMED, je linka na výrobu rolovaných boxů, na lince pracuje 6 operátorů a 1 TeamLeader. Postup výroby rolovaných boxů lze rozdělit na 2 paralelně probíhající procesy, a to na výrobu obálky a výrobu interiéru boxu, které se posléze montují dohromady.



Obrázek 5-1 Proces výroby rolovaného boxu

Výrobní linka tedy obsahuje tyto výrobní stroje, které je nutné mezi změnami referencí přestavět:

- Tváření plechů WEIL



**Obrázek 5-2 Tváření plechů WEIL**

Stroj si automaticky odebírá plechové pláty z palety, ohne a ohnutý plech sjede spádem k operátorovi viz Obrázek 5-2 Tváření plechů WEIL.

- Laserová svářečka plechů WEIL

Ohnutý plech operátor zasune do laserové svářečky, kde se svaří po okraji a vznikne tak obálka.

- Lemovací stroj



**Obrázek 5-3** Lemovací stroj

Následující operací na obálce je lemování, kdy se obálka vloží do lemovacího stroje, který ohne okraje obálky směrem ven, tak, aby bylo posléze snazší do obálky zasunout interiér.

- Svařovací robot s přejezdem mezi dvěma svařovacími přípravky

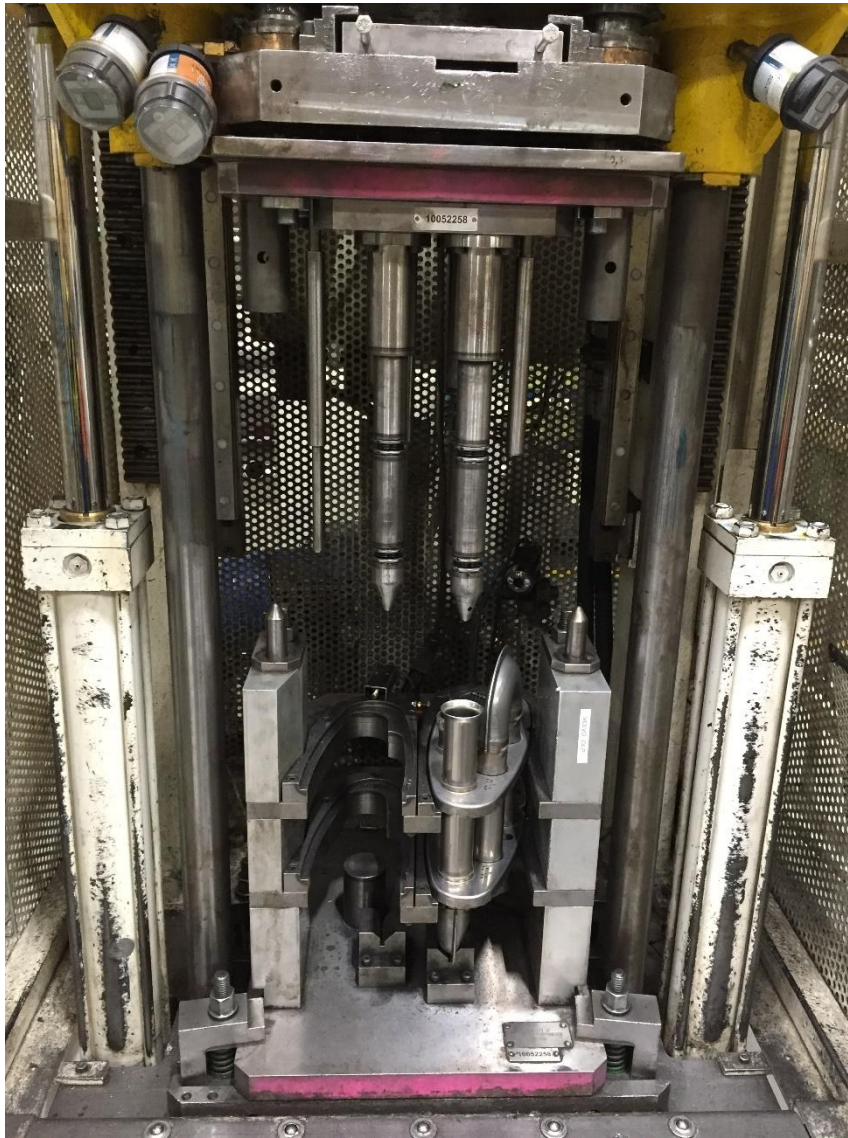


Obrázek 5-4 Svařovací robot s přejezdem

Do svařovacího přípravku operátor založí trubky, přepážky a kolena a upínkami je zaaretuje. Po dokončení založení operátor stiskne tlačítko START, zavřou se automatická vrata a robot svaří programem nastavená místa na interiéru boxu. Svařovací robot přejíždí mezi dvěma různými přípravky, takže je možné v čase svařování zakládat druhý přípravek.



- Ridgeloocking – lis



Obrázek 5-5 Ridgeloocking

Svařený interiér operátor založí do lisu, který provede takzvaný ridgeloocking. Tato technologie spočívá v tom, že do trubek vjedou trny s rozevratelnými prstenci a v místě spojení trubky a přepážky se tyto prstence rozevřou a do trubky vymáčknou lem, který zaaretuje trubku k přepážce. Interiér boxu je tedy zpevněn dvěma různými způsoby, svařováním a ridgeloockingem.

- Stuffing – lis



Obrázek 5-6 Stuffing

Operace stuffing spočívá v zalisování interiéru do obálky. Operátor nejprve nasadí obálku na molitanový mazací trn, který je napuštěn speciálním olejem, tím obálku zevnitř namaže. Poté založí obálku do lisu. Na tvarový přípravek na hlavu lisu operátor vloží interiér boxu a stiskne START, hlava lisu sjede a zalisuje interiér do obálky.



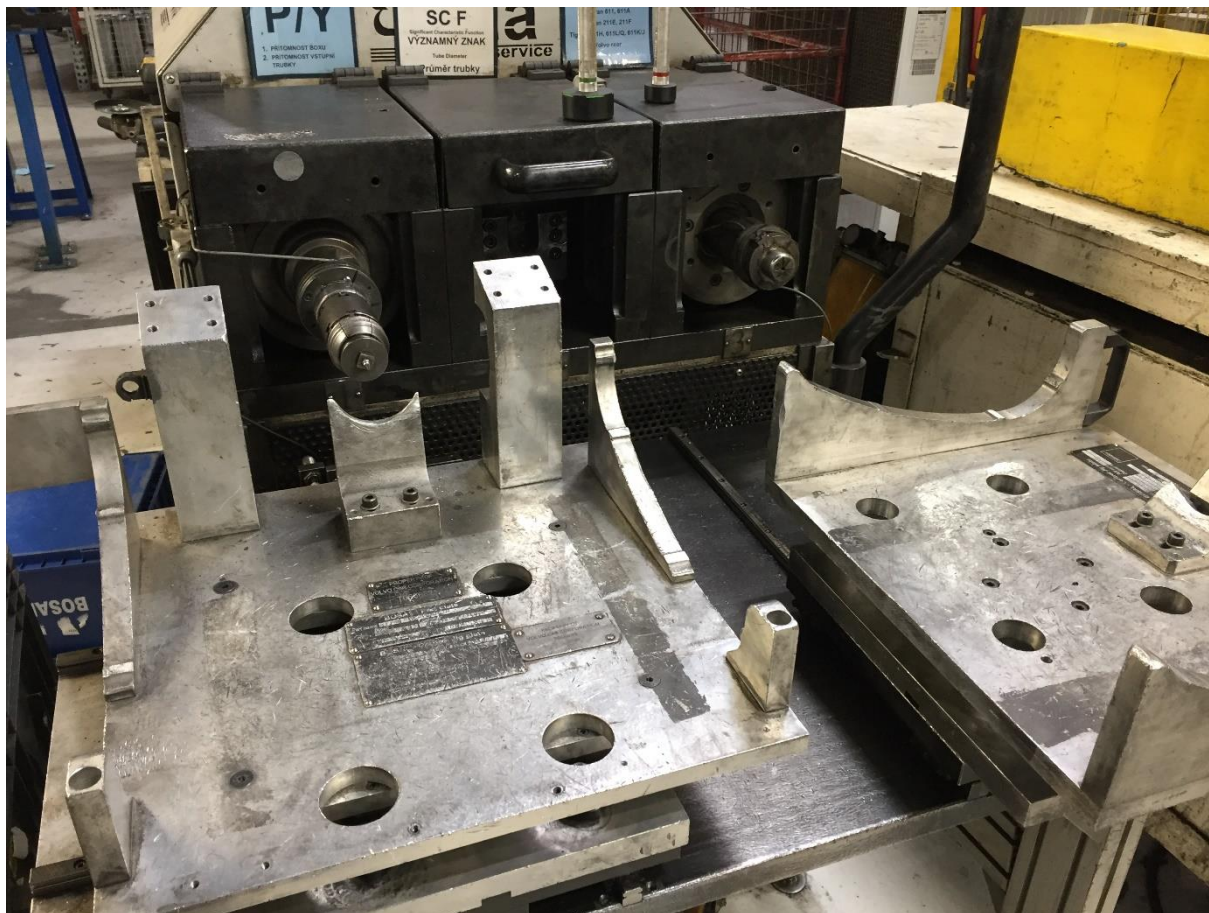
- Spinning – zavinovací stroj



Obrázek 5-7 Spinning

V následující operaci operátor nejprve založí spodní a svrchní kryt boxu do stroje, poté založí box a stiskne START. Kryty mají určitý přesah, který stroj krouživým pohybem zavine přes okraj obálky.

- Kalibrační lis

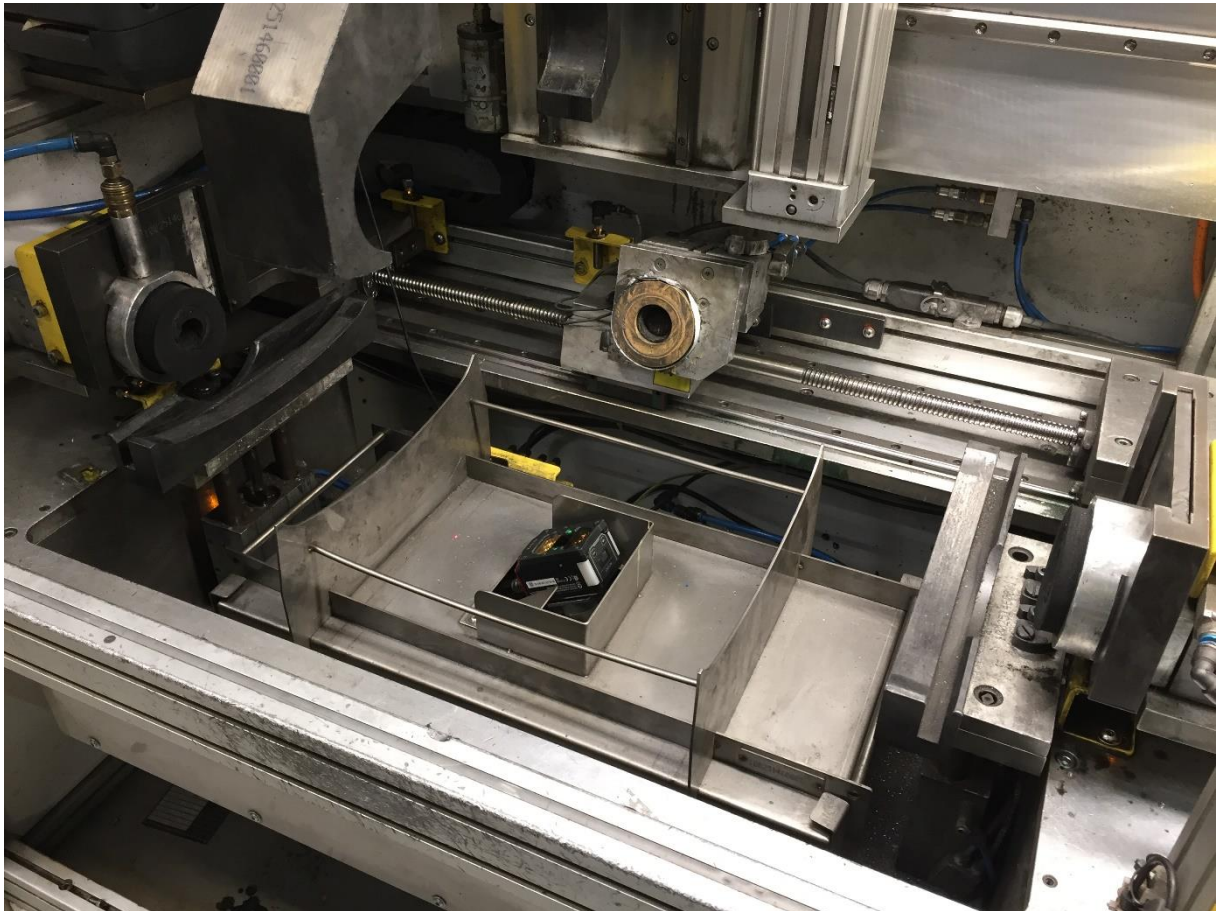


Obrázek 5-8 Kalibrační lis

Operace kalibrace spočívá v roztažení nebo stažení vstupní a výstupní trubky z boxu v kalibračním lisu.



- Tlaková kontrola těsnosti



Obrázek 5-9 Tlaková kontrola těsnosti

Poslední operací je tlaková kontrola těsnosti. Operátor založí box do stroje, který ucpe všechny otvory jdoucí z boxu, a zkouší jeho těsnost. Každý box má předepsaný maximální možný únik vzduchu v litrech za minutu při určitém tlaku. Pokud box tlakovou kontrolou projde, stroj jej označí zelenou značkou a box může pokračovat v procesu dále na linky finální výroby.

### 5.3 Výrobní portfolio

Na výrobní lince se vyrábí 15 druhů výrobků, v následující tabulce je přehled všech výrobků, jejich cyklových časů a počet operátorů. Jména a čísla výrobků jsou citlivé informace, z toho důvodu budou výrobky popsány písmeny.

Tabulka 5-1 Výrobky

Výrobek	Cyklový čas (s)	Počet operátorů
A	36	7
B	50	7
C	43	7
D	40	8
E	40	8
F	48	8
G	36	7
H	40	6
I	43	7
H	43	8
K	47	8
L	51	8
M	38	8
N	48	8
O	44	8

Výrobní linka pracuje ve 3směnném provozu, tedy 15 směn po 8 hodinách týdně.

## 6 Identifikace kroků přestavby

Druhým krokem implementace metody SMED je důkladná identifikace a analýza kroků přestavby. Před začátkem analýzy byl vytvořen harmonogram aktivit celého projektu.

Tabulka 6-1 Harmonogram aktivit projektu

Krok	Den	Aktivita
Analýza a definice úkolů	1.	Zachycení výměny na video
		Rozbor videa – interní / externí kroky
	2.	Definice nového postupu seřízení – jízdní řád výměny / kombinace kroků výměny mezi pracovníky (podklad pro pracovní instrukce)
		Definice akčního plánu zlepšení (co je třeba upravit pro dosažení zlepšení)
		Vytvoření formuláře pro instrukci výměny
	3.	Monitoring časů výměn – revize současného stavu
		Vytvoření vzorové pracovní instrukce pro jednu stanici
		Návrh opatření 5S a organizace pracovišť a akční plán
		Seznámení týmu s výsledky
Realizace	4.	Realizace 5S a organizace pracoviště
		Úprava skladování nástrojů
		Podpora realizace technických opatření
	5.	Dokončení pracovních instrukcí výměny (všechny stanice)
	6.	Dokončení pracovních instrukcí výměny (všechny stanice)
	7.	Nastavení monitoringu výměn
		Nastavení auditování 5S
		Revize plnění úkolů z akčního plánu
8.	Školení pracovníků (dvě směny)	
	Monitoring průběhu přestavby a korekce pracovníků při přestavbě a jejich doškolení	

Pro snadnější a přesnější analýzu je vhodné pořídit videozáznam celé přestavby. Jelikož se na výrobní lince pohybuje šest operátorů a jeden TeamLeader, kteří na přestavbě pracují společně, bylo nutné zorganizovat sedmičlenný tým, kde každý člen nahrává videozáznam jednoho operátora. Všechny členy týmu musí začít nahrávat ve stejný čas, aby časové osy všech sedmi analýz měly stejný počátek.

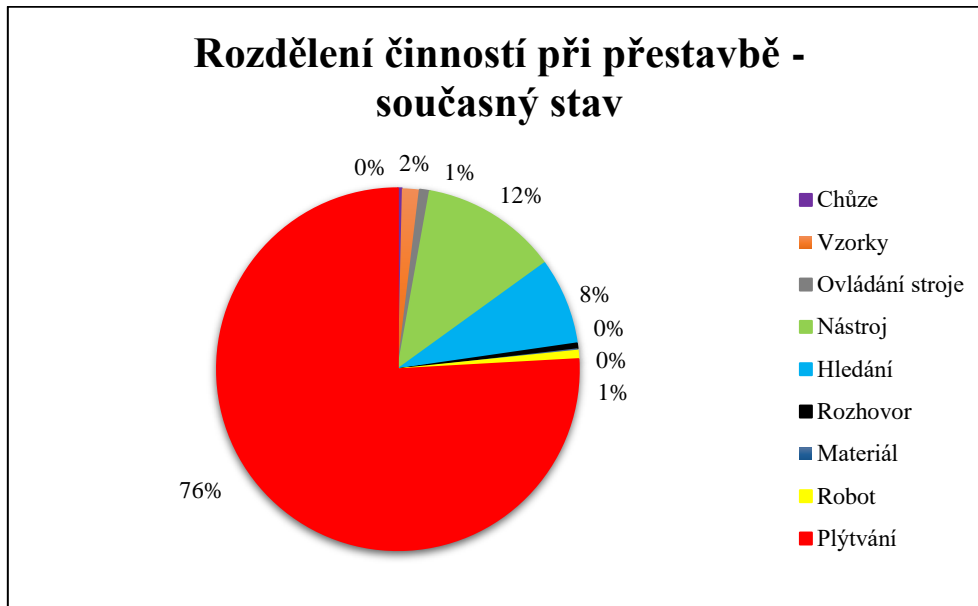
## 7 Separace kroků přestavby

K separaci kroků přestavby poslouží excelová tabulka, kde první sloupec slouží k zápisu počátečních časů jednotlivých kroků, druhý sloupec k zápisu konečných časů jednotlivých kroků, třetí sloupec pro záznam doby trvání, čtvrtý sloupec pro kategorizaci činnosti z rolovacího menu; kategoriemi jsou: chůze, vzorky, kontrola, ovládání stroje, ovládání robota, nástroj, hledání, rozhovor, jeřáb, dokumentace, materiál, chlazení, robot, plýtvání. Pátý sloupec tabulky slouží ke krátkému popisu činností. Šestý sloupec slouží ke kategorizaci činností na externí nebo interní. Jednotlivé činnosti se snažíme oddělovat tak, aby analýza netrvala extrémně dlouhou dobu, tedy aby činnosti nebyly rozepsané po jednotlivých sekundách, ale tak, aby byla analýza dostatečně přesná. Jednoduchou pomůckou je právě kategorizace činností.

Jako příklad analýzy uvedu záznamový list pro analýzu přestavby operátora stufferu neboli plnicího lisu. Přestavba se skládá z vypojení přípravku stroje, jeho demontáž několika šrouby, vysunutí ze stroje, nasunutí nového přípravku, opětovná montáž šrouby, zapojení do stroje a přenastavení programu na ovládacím panelu stroje. Zkratka TL v záznamovém archu znamená TeamLeader neboli vedoucí pracovník. Červeně označené kroky jsou kroky, se kterými operátorovi pomáhal jiný operátor, seřizovač nebo TL.

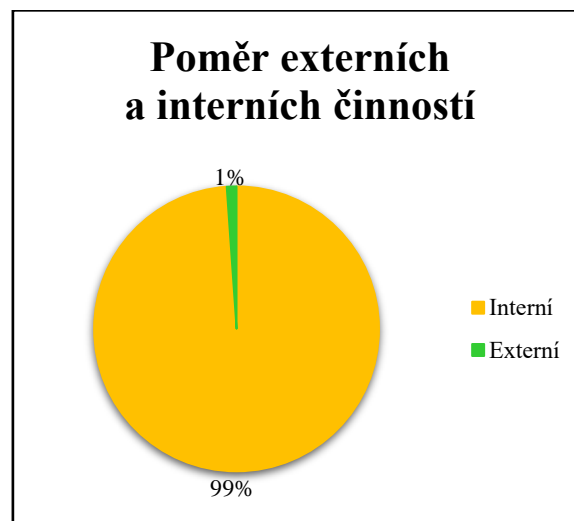
Tabulka 7-1 Separace kroků přestavby stufferu

OD	DO	DOBA TRVÁNÍ	POPIS ČINNOSTI	POZNÁMKA	KATEGORIE
0:00:00	0:00:22	0:00:22	Plýtvání	Čekání na povel od TL na ukončení výroby	Externí
0:00:22	0:00:53	0:00:31	Ovládání stroje	Operátor dokončuje poslední kus	Externí
0:00:53	0:06:29	0:05:36	Plýtvání	Čekání	Interní
0:06:29	0:06:50	0:00:21	Rozhovor	Seřizovač dává pokyny operátorovi	Interní
0:06:50	0:07:21	0:00:31	Hledání	Hledání nástroje, klíče	Interní
0:07:21	0:07:56	0:00:35	Nástroj	Uvolňování šroubů dolní části přípravku	Interní
0:07:56	0:07:58	0:00:02	Ovládání stroje	Odpojení kabeláže přípravku	Interní
0:07:58	0:08:18	0:00:20	Nástroj	Uvolňování šroubů horní části přípravku	Interní
0:08:18	0:09:37	0:01:19	Hledání	Hledání nástroje, klíče	Interní
0:09:37	0:10:27	0:00:50	Nástroj	Uvolňování šroubů horní části přípravku	Interní
0:10:27	0:12:31	0:02:04	Hledání	Hledání nástroje, klíče	Interní
0:12:31	0:12:37	0:00:06	Nástroj	Uvolňování šroubů horní části přípravku	Interní
0:12:37	0:12:52	0:00:15	Nástroj	Vytáhnout přípravku ze stroje na manipulační vozík - pomoc TL	Interní
0:12:52	0:13:47	0:00:55	Nástroj	Odvoz přípravku do úložné zóny - pomoc TL	Interní
0:13:47	0:14:06	0:00:19	Hledání	Hledání přípravku pro další výrobu	Interní
0:14:06	0:14:14	0:00:08	Nástroj	Nakládání přípravku na manipulační vozík - pomoc TL	Interní
0:14:14	0:14:49	0:00:35	Nástroj	Převoz přípravku ke stroji - pomoc TL	Interní
0:14:49	0:15:00	0:00:11	Plýtvání	Čekání na nastavení stroje seřizovačem - pomoc TL	Interní
0:15:00	0:15:56	0:00:56	Nástroj	Zasunutí přípravku do stroje - pomoc TL	Interní
0:15:56	0:18:38	0:02:42	Nástroj	Utažení šroubů přípravku	Interní
0:18:38	0:18:44	0:00:06	Nástroj	Zapojení kabeláže do přípravku	Interní
0:18:44	0:19:46	0:01:02	Plýtvání	Čekání na nastavení stroje seřizovačem - pomoc seřizovače	Interní
0:19:46	0:20:54	0:01:08	Plýtvání	Vrácení nářadí na původní místo	Interní
0:20:54	0:22:33	0:01:39	Plýtvání	Čekání	Interní
0:22:33	0:23:02	0:00:29	Nástroj	Dovezení mazacího přípravku - pomoc seřizovače	Interní
0:23:02	0:23:32	0:00:30	Nástroj	Zapojení mazacího přípravku	Interní
0:23:32	0:24:52	0:01:20	Nástroj	Pokus o spuštění mazacího vozíku	Interní
0:24:52	0:31:48	0:06:56	Plýtvání	Čekání	Interní
0:31:48	0:32:57	0:01:09	Hledání	Pomoc s hledáním nářadí pro druhého operátora	Interní
0:32:57	0:47:37	0:14:40	Plýtvání	Čekání	Interní
0:47:37	0:47:47	0:00:10	Materiál	Založení prvního kusu interiéru	Interní
0:47:47	0:57:20	0:09:33	Plýtvání	Čekání	Interní
0:57:20	0:57:37	0:00:17	Chůze	Chůze pro čistící prostředky	Interní
0:57:37	1:03:08	0:05:31	Plýtvání	Zametání podlahy	Interní
1:03:08	1:03:53	0:00:45	Plýtvání	Chůze pro hadr	Interní
1:03:53	1:11:05	0:07:12	Plýtvání	Čištění strojů	Interní
1:11:05	1:11:25	0:00:20	Vzorky	Založení prvního kusu obálky	Interní
1:11:25	1:11:35	0:00:10	Ovládání stroje	Spuštění programu seřizovačem - pomoc seřizovače	Interní
1:11:35	1:11:51	0:00:16	Robot	Výroba prvního kusu	Interní
1:11:51	1:12:40	0:00:49	Plýtvání	Čekání na seřizovače	Interní
1:12:40	1:13:01	0:00:21	Vzorky	Založení interiéru a obálky do stroje	Interní
1:13:01	1:13:48	0:00:47	Hledání	Hledání příčiny nefunkčního stroje	Interní
1:13:48	1:19:12	0:05:24	Plýtvání	Čekání na nastavení stroje - pomoc TL, seřizovače	Interní
1:19:12	1:19:47	0:00:35	Vzorky	Založení interiéru a obálky do stroje	Interní
1:19:47	1:20:07	0:00:20	Robot	Vyrobení kusu	Interní



Obrázek 7-1 Rozdělení činností při přestavbě – současný stav

Z grafu rozdělení činností je patrné, že 76 % činností při přestavbě je plýtváním, dalších 8 % činí hledání nástrojů a další kategorie již nemají žádný signifikantní dopad. Pokud bychom tedy pouze eliminovali plýtvání v podobě čekání, vícepráce a hledání nástrojů, jsme schopni dobu přestavby snížit o 84 % z původní doby trvání 1:20:07 na 0:12:49, a to bez konverze interních kroků na externí.



Obrázek 7-2 Poměr externích a interních činností

Při současném stavu absolutně převažují interní činnosti. V dalším kroku se budeme snažit docílit převedení co největšího počtu dosavadně interních činností na externí a o eliminaci co největšího počtu činností celkově.

## 8 Konverze interních kroků na externí

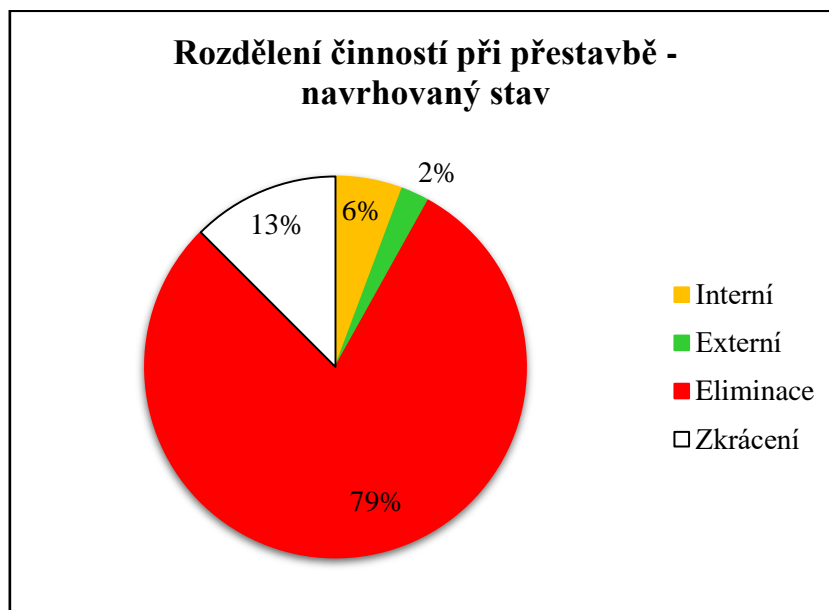
V následujícím kroku je potřeba se soustředit na eliminaci co největšího počtu zbytečných činností a na konverzi co největšího počtu interních činností na externí. Každá činnost musí být přiřazena do kategorie podle kýženého budoucího stavu: eliminace, zkrácení, externí, interní. Do dalšího sloupce vypíšeme nejdůležitější problémy a do dalšího sloupce nápravná opatření.

Tabulka 8-1 Konverze interních kroků na externí

POZNÁMKA	KATEGORIE	KATEGORIE	PROBLÉM	NÁPRAVNÉ OPATŘENÍ
Čekání na povel od TL na ukončení výroby	Externí	Externí		
Operátor dokončuje poslední kus	Externí	Externí		
Čekání	Interní	Eliminace	Operátor nečinně čekal od dokončení posledního kusu	
Seřizovač dává pokyny operátorovi	Interní	Eliminace	Operátor by měl být již zaškolený	
Hledání nástroje, klíče	Interní	Eliminace	Nástroje by měly být umístěny u stroje	Vybavení jednotlivých pracovišť nářadím
Uvolňování šroubů dolní části přípravku	Interní	Zkrácení		Pneumatické povolení
Odpojení kabeláže přípravku	Interní	Interní		
Uvolňování šroubů horní části přípravku	Interní	Zkrácení		Pneumatické povolení
Hledání nástroje, klíče	Interní	Eliminace	Nástroje by měly být umístěny u stroje	
Uvolňování šroubů horní části přípravku	Interní	Zkrácení		Pneumatické povolení, sjednocení šroubů
Hledání nástroje, klíče	Interní	Eliminace	Nástroje by měly být umístěny u stroje	Vybavení jednotlivých pracovišť nářadím
Uvolňování šroubů horní části přípravku	Interní	Eliminace	Operátor by měl uvolnit šrouby na první pokus	Vybavení jednotlivých pracovišť nářadím
Vytáhnutí přípravku ze stroje na manipulační vozík – pomoc TL	Interní	Interní		
Odvoz přípravku do úložné zóny – pomoc TL	Interní	Eliminace	TeamLeader by se měl věnovat jiné práci	
Hledání přípravku pro další výrobu	Interní	Externí	Přípravky by měly být vizuálně označené a mít své místo	
Nakládání přípravku na manipulační vozík – pomoc TL	Interní	Externí	Přípravek by měl být již přichystaný na vozíku	
Převoz přípravku ke stroji – pomoc TL	Interní	Externí	TeamLeader by se měl věnovat jiné práci	
Čekání na nastavení stroje seřizovačem – pomoc TL	Interní	Interní		Možnost rozšíření znalostí operátorů – návodka
Zasunutí přípravku do stroje – pomoc TL	Interní	Interní		
Utažení šroubů přípravku	Interní	Zkrácení		Pneumatické povolení, sjednocení šroubů

Zapojení kabeláže do přípravku	Interní	Interní		
Čekání na nastavení stroje seřizovačem – pomoc seřizovače	Interní	Interní		Možnost rozšíření znalostí operátorů – návodka
Vrácení nářadí na původní místo	Interní	Eliminace	Nástroje by měly být umístěny u stroje	
Čekání	Interní	Eliminace		
Dovezení mazacího přípravku – pomoc seřizovače	Interní	Eliminace	Mazací přípravek by měl být přivezen již před přestavbou	
Zapojení mazacího přípravku	Interní	Eliminace	Mazací přípravek by měl být zapojený ještě v době výroby	
Pokus o spuštění mazacího vozíku	Interní	Eliminace	Mazací přípravek by měl být zapojený ještě v době výroby	
Čekání	Interní	Eliminace		
Pomoc s hledáním nářadí pro druhého operátora	Interní	Eliminace		
Čekání	Interní	Eliminace		
Založení prvního kusu interiéru	Interní	Interní		
Čekání	Interní	Eliminace		
Chůze pro čistící prostředky	Interní	Eliminace		
Zametání podlahy	Interní	Eliminace		
Chůze pro hadr	Interní	Eliminace		
Čištění strojů	Interní	Eliminace		
Založení prvního kusu obálky	Interní	Interní		
Spuštění programu seřizovačem – pomoc seřizovače	Interní	Zkrácení		
Výroba prvního kusu	Interní	Interní		
Čekání na seřizovače	Interní	Eliminace		
Založení interiéru a obálky do stroje	Interní	Interní		
Hledání příčiny nefunkčního stroje	Interní	Eliminace		
Čekání na nastavení stroje – pomoc TL, seřizovače	Interní	Zkrácení		
Založení interiéru a obálky do stroje	Interní	Interní		
Vyrobení kusu	Interní	Interní		





Obrázek 8-1 Rozdělení činností při přestavbě – navrhovaný stav

79 % činností lze eliminovat, 2 % činností budou externí, 13 % činností lze zkrátit a 6 % činností jsou interní. Celkovou dobu přestavby lze tedy (bez zkrácení činností) zkrátit o 81 %. Po eliminaci uspořádání kroků přestavby bude nový postup vypadat následovně:

Tabulka 8-2 Nový postup přestavby stufferu

Krok	POZNÁMKA	KATEGORIE	PROBLÉM	NÁPRAVNÉ OPATŘENÍ
E1	Nakládání přípravku na manipulační vozík – pomoc TL	Externí	Přípravek by měl být již přichystaný na vozíku	
E2	Převoz přípravku ke stroji – pomoc TL	Externí	TeamLeader by se měl věnovat jiné práci	
E3	Čekání na povel od TL na ukončení výroby	Externí		
E4	Operátor dokončuje poslední kus	Externí		
1	Uvolňování šroubů dolní části přípravku	Zkrácení		Pneumatické povolení
2	Odpojení kabeláže přípravku	Interní		
3	Uvolňování šroubů horní části přípravku	Zkrácení		Pneumatické povolení
4	Vytáhnutí přípravku ze stroje na manipulační vozík – pomoc TL	Interní		
5	Zasunutí přípravku do stroje – pomoc TL	Interní		
6	Utažení šroubů přípravku	Zkrácení		Pneumatické povolení, sjednocení šroubů
7	Zapojení kabeláže do přípravku	Interní		




8	Založení prvního kusu interiéru	Interní		
9	Založení prvního kusu obálky	Interní		
10	Výroba prvního kusu	Interní		
11	Založení interiéru a obálky do stroje	Interní		
12	Založení interiéru a obálky do stroje	Interní		
13	Vyrobení kusu	Interní		

Všechny tyto kroky ale nestačí k provedení přestavby tohoto stroje, mnoho kroků přestavby prováděl TeamLeader, tyto kroky jsou detailně popsány v jeho analýze v přílohách. Některé kroky prováděl operátor s TeamLeaderem společně, což není vždy žádoucí, a některé kroky v přestavbě chyběly, jako například přinesení materiálu k výrobě vzorových kusů, tento materiál se již na lince nacházel. Po balancování přestavby, která je více popsána v kapitole 7, bude tedy výsledný standard přestavby stufferu následovný:

Úkony 1.1, 1.5, 2.4–3.2, 3.5-3.7, 4.3, 6.1-6.3 prováděl seřizovač. Úkony 2.2-2.3, 4.1-4.2, 5.1-5.2, 7.1-7.3 nejsou obsaženy v analýze, ale jsou nezbytné pro provedení přestavby, jejich časy tedy byly odhadnuty.

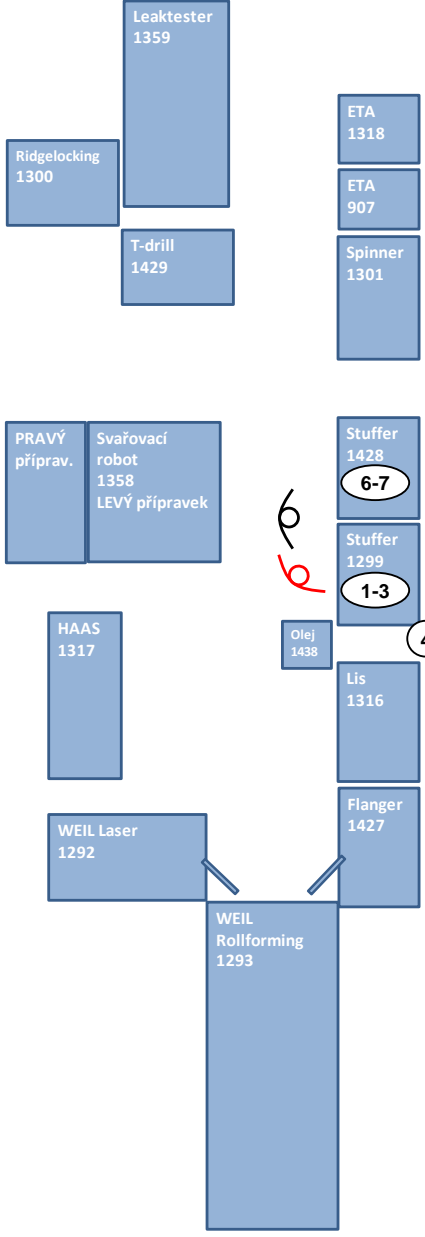
Tabulka 8-3 Standard přestavby stufferu




**OBSLUHA - STROJ: OP5 - Stuffer**

**REFERENCE: Volvo - 10025146, 10052955**


  



Stroj	Krok	Úkon	Pomoc	Operace	Čas [min]	Kumulativní čas	Použité nářadí	
<b>STUFFER</b>	1	1.1		Uvedení stroje do polohy pro výměnu přípravku	0:00:24	0:00:24		
		1.2		Uvolnění šroubů dolní části přípravku	0:00:35	0:00:59		
		1.3		Odpojení kabelů přípravku	0:00:02	0:01:01		
		1.4		Uvolnění šroubů horní části přípravku	0:01:10	0:02:11		
		1.5		Zdvížení beranu stroje do horní polohy	0:00:12	0:02:23		
	2	TL	2.1		Vytažení přípravku na přepravní stůl	0:00:15	0:02:38	
			2.2		Odvoz starého přípravku	0:00:45	0:03:23	
			2.3		Přivezení nového přípravku	0:00:45	0:04:08	
			2.4		Vsunutí přípravku do stroje	0:00:27	0:04:35	
	3	3.1		Ustavení přípravku	0:00:17	0:04:52		
		3.2		Spuštění beranu k přípravku	0:00:15	0:05:07		
		3.3		Dotažení šroubů přípravku	0:02:42	0:07:49		
		3.4		Zapojení kabelů přípravku	0:00:06	0:07:55		
		3.5		Změna programu	0:00:18	0:08:13		
		3.6		Najetí stroje do výchozí polohy	0:00:24	0:08:37		
4	4.1		Chůze za linku pro mazací vanu	0:00:06	0:08:46			
	4.2		Přesun mazací vany ke stufferu	0:00:22	0:09:08			
	4.3		Zprovoznění mazací vany	0:00:28	0:09:36			
5	5.1		Chůze k vláčku pro materiál (přepážky)	0:00:07	0:09:43			
	5.2		Chůze s materiál ke stroji (přepážky)	0:00:11	0:09:54			
6	6.1		Vložení do stroje - první kus	0:00:05	0:09:59			
	6.2		Plnění prvního kusu	0:00:20	0:10:19			
	6.3		Výroba kusu na plniče	0:00:47	0:11:06			
7	7.1		Vložení kusu do nového stufferu	0:00:20	0:11:26			
	7.2		Výroba kusu v novém stufferu	0:00:30	0:11:56			
	7.3		Vyjmutí kusu	0:00:20	<b>0:12:16</b>			



Pohyb operátora



Pohyb seřizovače

①    ②

Číslo operace přestavby

VYTVOŘIL     PODPIS

ODDĚLENÍ     DATUM

ZKONTROLOVAL     PODPIS

ODDĚLENÍ     DATUM

50

## 9 Racionalizace kroků přestavby

V pátém kroku je cílem racionalizovat neboli zjednodušit, zkrátit co největší množství interních i externích kroků jak technickými, tak organizačními opatřeními.

Krok E1 – Nakládání přípravku na manipulační vozík – technickým opatřením k racionalizaci tohoto kroku je mít každý přípravek uložený na samostatném vozíku, je tedy potřeba zainvestovat do nákupu nových vozíků.

Krok E2 – Převoz přípravku ke stroji za pomoci TeamLeadera – k převozu přípravku nejsou potřeba dva pracovníci, tento úkol může vykonávat pouze jeden.

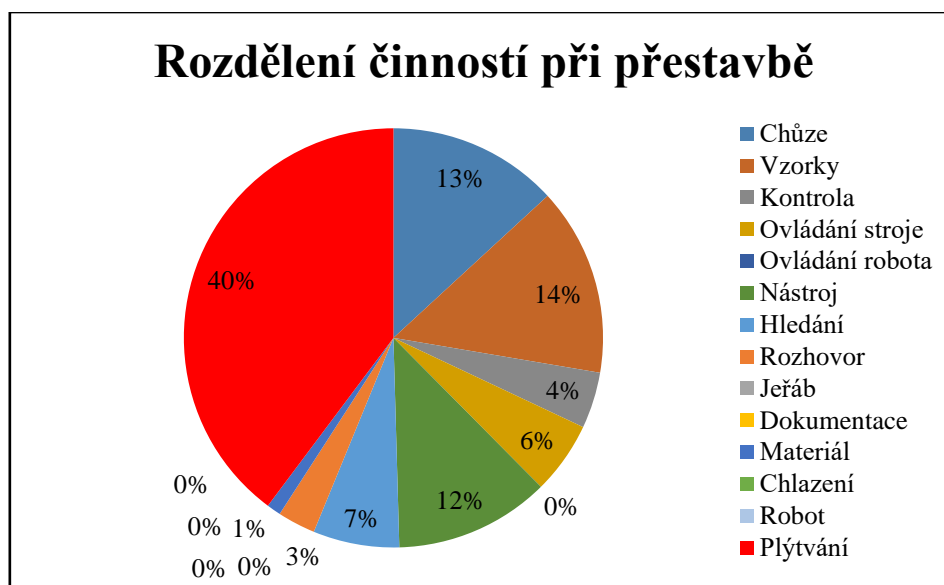
Krok 1, 3, 6 – Jakákoliv šroubová spojení značně prodlužují dobu trvání přestavby, v případech jako je tento, kdy se jedná o přípravek upevněný k hydraulickému lisu, není jistějšího řešení pro upevnění přípravku, šrouby je tedy nutné zachovat. Racionalizace tedy musí spočívat ve sjednocení velikostí šroubů, tak, aby bylo zapotřebí co nejmenšího počtu nástrojů. Dále je možné vybavit linku elektrickým momentovým šroubovákem, který uvolňování i utahování šroubů značně urychlí.

## 10 Výsledky analýzy přestavby ostatních strojů

Kvůli velkému množství kroků přestavby všech strojů na výrobní lince bude v této kapitole vytvořený pouze souhrn výsledků analýz.

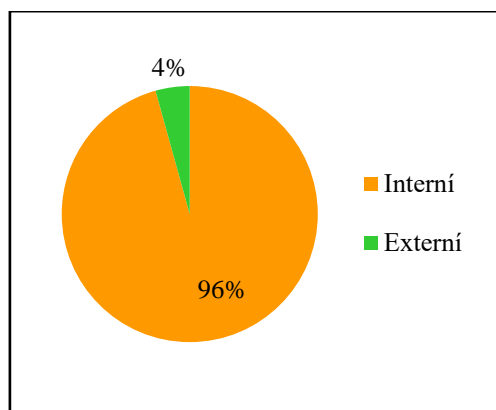
### 10.1 Práce seřizovače

Seřizovač při přestavbě pomáhal operátorům s více stroji. Nejprve pomáhal s přestavbou ridgelockingu, poté se stufferem, poté se strojem T-drill a nakonec s flangerem. Práce seřizovače trvala celkem **1:40:44**. Následující graf ukazuje procentuální rozdělení činností při přestavbě:



Obrázek 10-1 Rozdělení činností při přestavbě – seřizovač

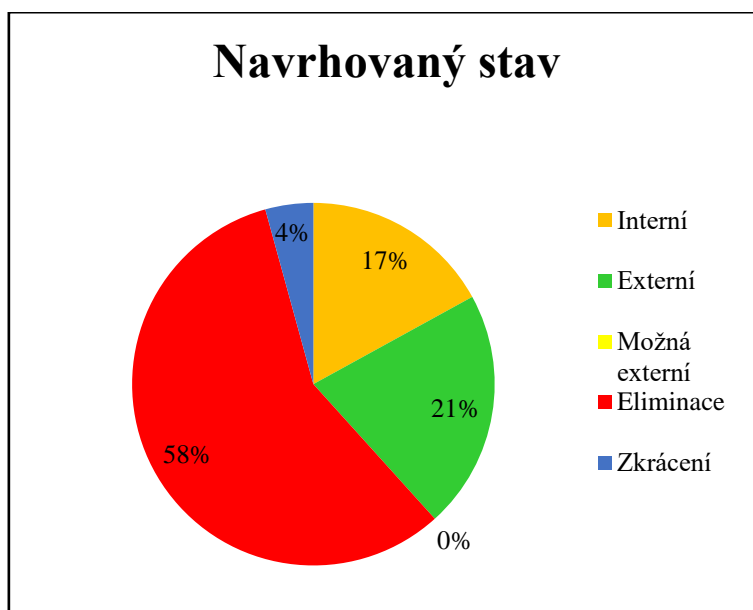
Z grafu je patrné, že největším množstvím času je plytváno: 40 %. Další graf ukazuje rozdělení činností na interní a externí:



Obrázek 10-2 Původní rozdělení činností – seřizovač

Pouze 4 % všech činností byla externí.

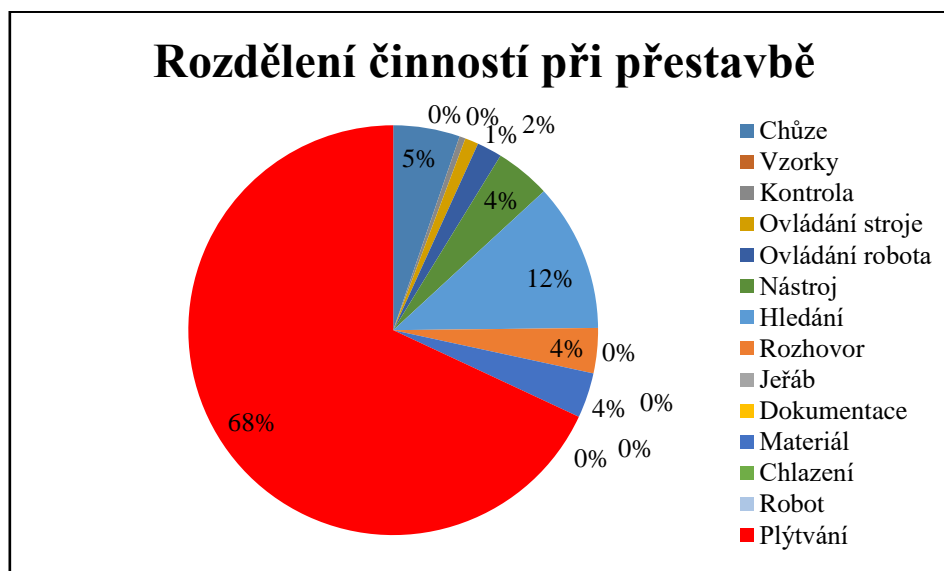
Po provedení identifikace, separace, konverze kroků a balancování, které bude popsáno v následující kapitole, je nový čas přestavby **0:17:38**, úspora času seřizovače tedy činní 83 %. V následujícím grafu je znázorněn navrhovaný stav činností:



Obrázek 10-3 Navrhovaný stav činností seřizovače

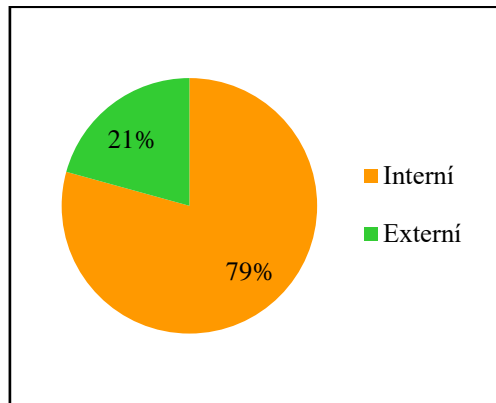
## 10.2 Přestavba svařovacího robota interiérů

Práce operátora na přestavbě svařovacího robota interiérů trvala **0:45:23**. Následující graf ukazuje procentuální rozdělení činností při přestavbě:



Obrázek 10-4 Rozdělení činností při přestavbě – svařovací robot interiérů

Z grafu je patrné, že největším množstvím času je plýtváno: 68 %. Další graf ukazuje rozdělení činností na interní a externí:



Obrázek 10-5 Původní rozdělení činností při přestavbě svařovacího robota interiérů

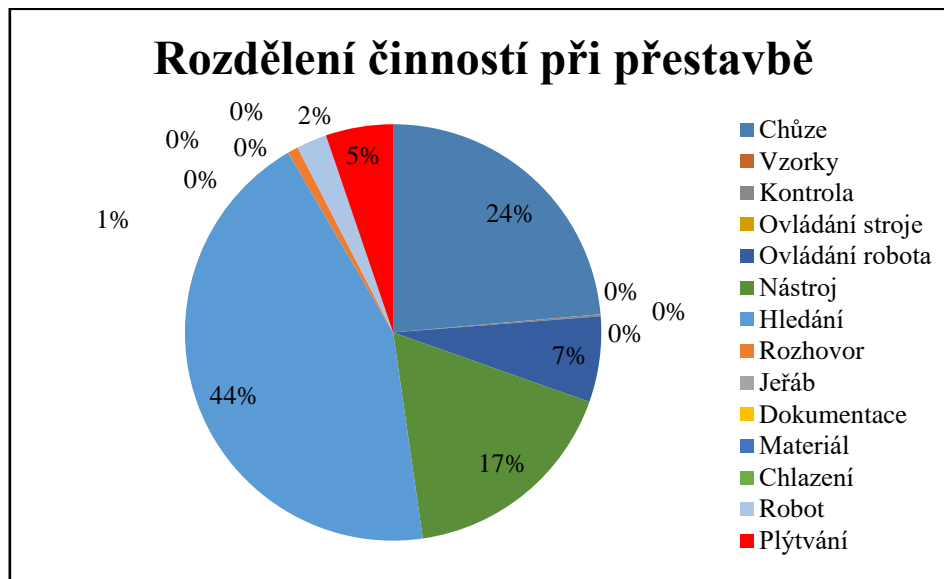
Po provedení identifikace, separace, konverze kroků a balancování je nový čas přestavby **0:02:46**, úspora času tedy činí 94 %. V následujícím grafu je znázorněn navrhovaný stav činností:



Obrázek 10-6 Navrhovaný stav činností při přestavbě svařovacího robota interiérů

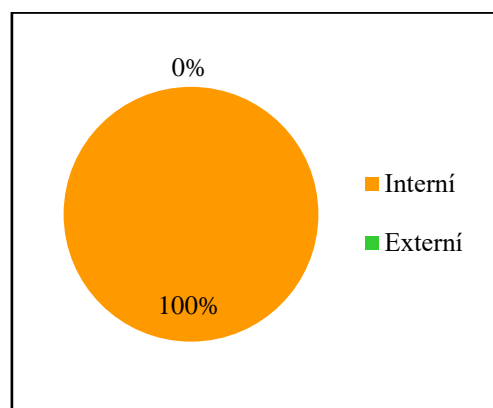
### 10.3 Práce programátora

Programátor při přestavbě nastavuje svařovacího robota interiérů. Práce programátora trvala celkem **0:42:22**. Následující graf ukazuje procentuální rozdělení činností při přestavbě:



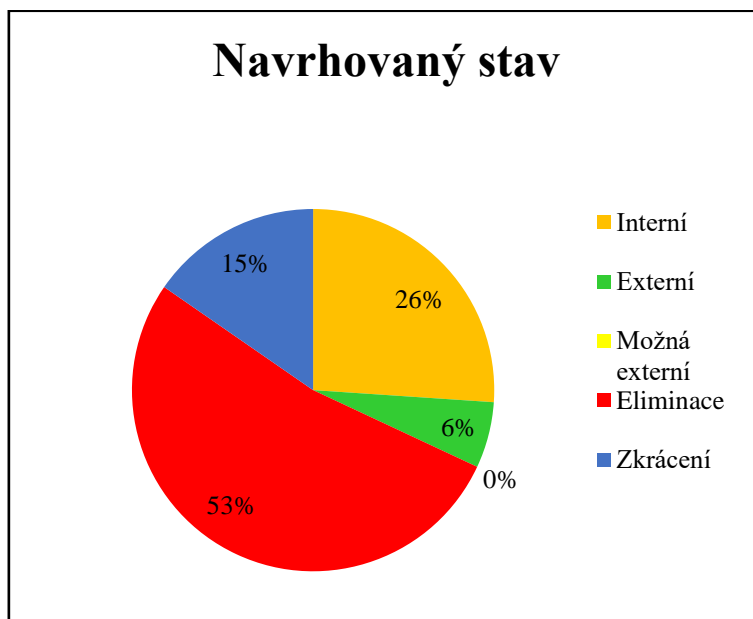
Obrázek 10-7 Rozdělení činností při přestavbě – programátor

Samotné plýtvání zaujímá pouze 5 % celkového času přestavby, zato programátor strávil 44 % času hledáním problému nefunkčnosti svařovacího cyklu, což ale nelze považovat za plýtvání. Další graf ukazuje rozdělení činností na interní a externí:



Obrázek 10-8 Původní rozdělení činností – programátor

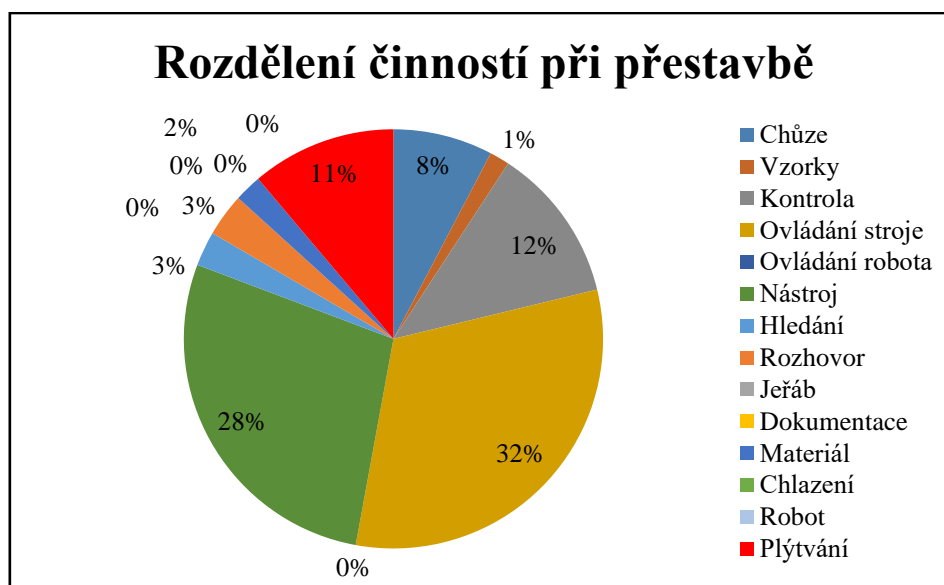
Po provedení identifikace, separace, konverze kroků a balancování je nový čas přestavby **0:06:20**, úspora času tedy činná 74 %. V následujícím grafu je znázorněn navrhovaný stav činností:



Obrázek 10-9 Navrhovaný stav činností programátora

#### 10.4 Práce TeamLeadera

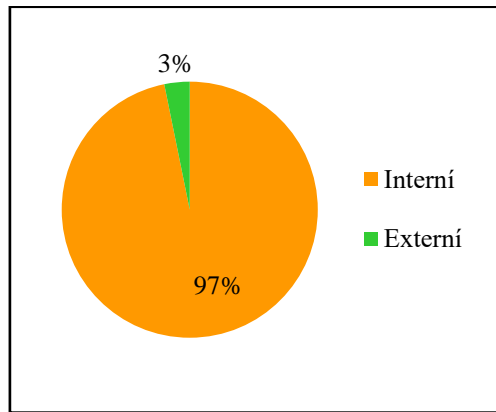
TeamLeader při přestavbě pomáhal ostatním operátorům s přestavbou několika strojů a s pomocí přestavoval laserový svařovací stroj. Práce TeamLeadera trvala celkem **1:48:38**. Následující graf ukazuje procentuální rozdělení činností při přestavbě:



Obrázek 10-10 Rozdělení činností při přestavbě – TeamLeader

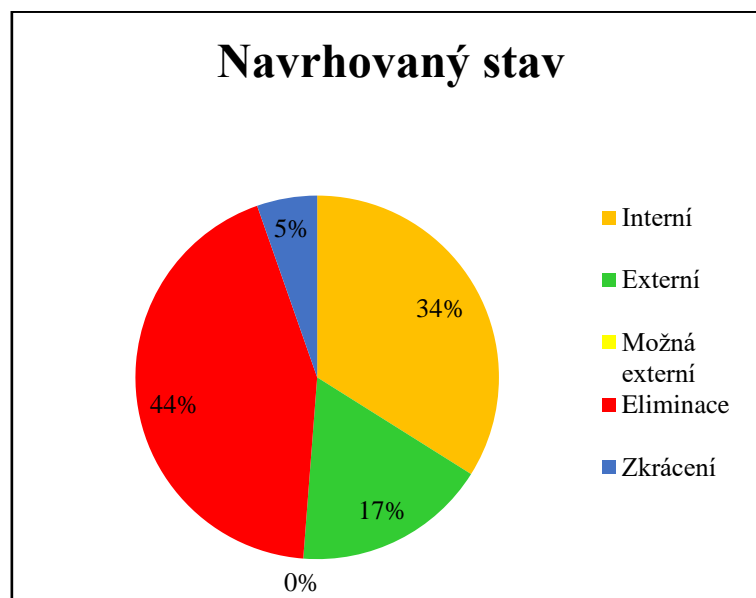
Samotné plýtvání zaujímá 11 % celkového času přestavby. Další graf ukazuje rozdělení činností na interní a externí:





Obrázek 10-11 Původní rozdělení činností při přestavbě – TeamLeader

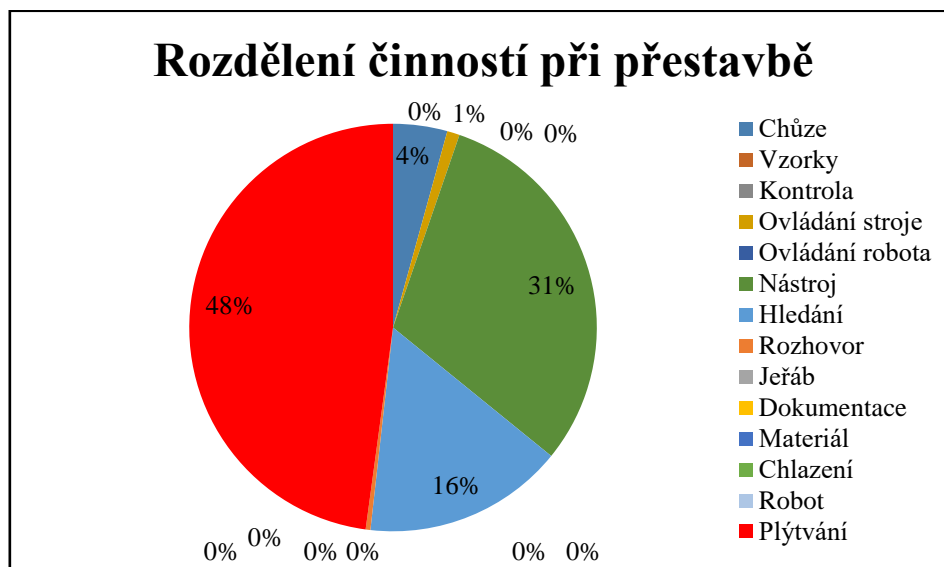
Po provedení identifikace, separace, konverze kroků a balancování je nový čas přestavby **0:36:43**, úspora času tedy činí 66 %. V následujícím grafu je znázorněn navrhovaný stav činností:



Obrázek 10-12 Navrhovaný stav činností TeamLeadera

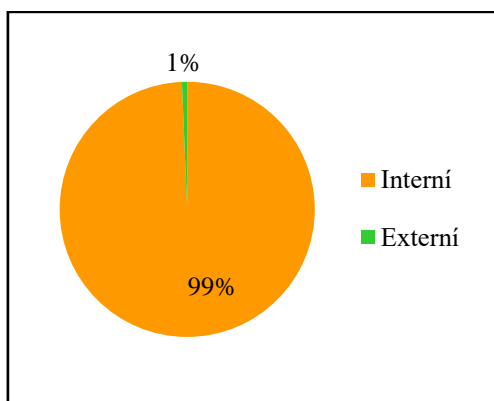
## 10.5 Přestavba flangeru

Práce operátora na přestavbě flangeru trvala **1:10:34**, následující graf ukazuje procentuální rozdělení činností při přestavbě:



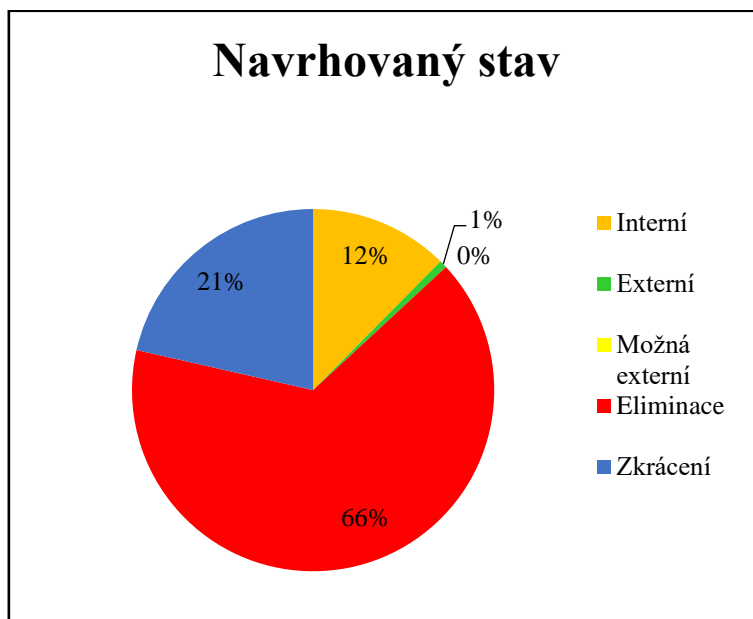
Obrázek 10-13 Rozdělení činností při přestavbě flangeru

Samotné plytvání zaujímá 11 % celkového času přestavby. Další graf ukazuje rozdělení činností na interní a externí:



Obrázek 10-14 Původní rozdělení činností při přestavbě flangeru

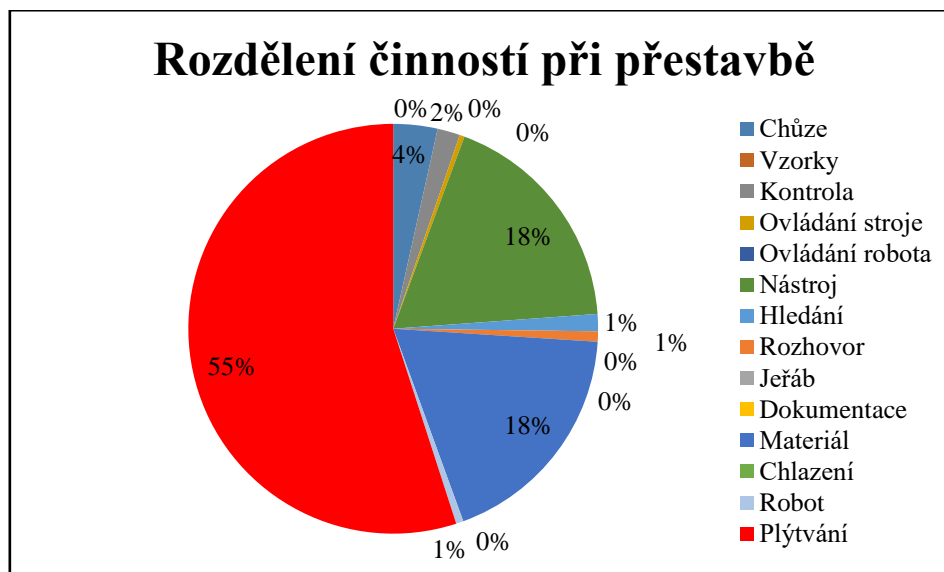
Po provedení identifikace, separace, konverze kroků a balancování je nový čas přestavby **0:08:46**, úspora času tedy činní 88 %. V následujícím grafu je znázorněn navrhovaný stav činností:



Obrázek 10-15 Navrhovaný stav rozdělení činností při přestavbě flangeru

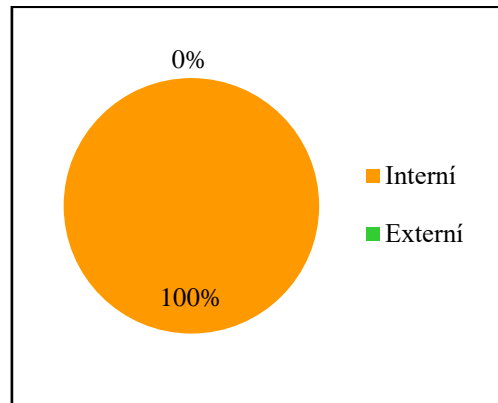
## 10.6 Přestavba ridgelockingu

Práce operátora na přestavbě ridgelockingu trvala **0:43:03**. Následující graf ukazuje procentuální rozdělení činností při přestavbě:



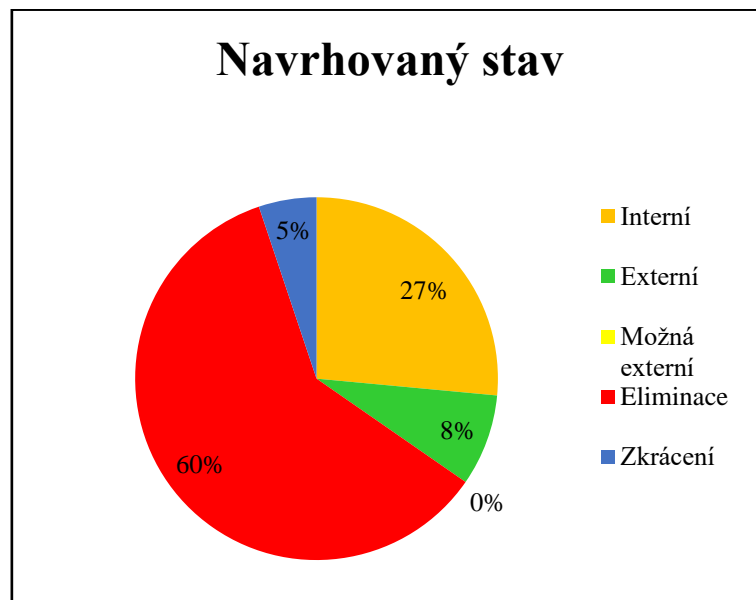
Obrázek 10-16 Rozdělení činností při přestavbě ridgelockingu

Samotné plýtvání zaujímá 55 % celkového času přestavby. Další graf ukazuje rozdělení činností na interní a externí:



Obrázek 10-17 Původní rozdělení činností při přestavbě ridgelockingu

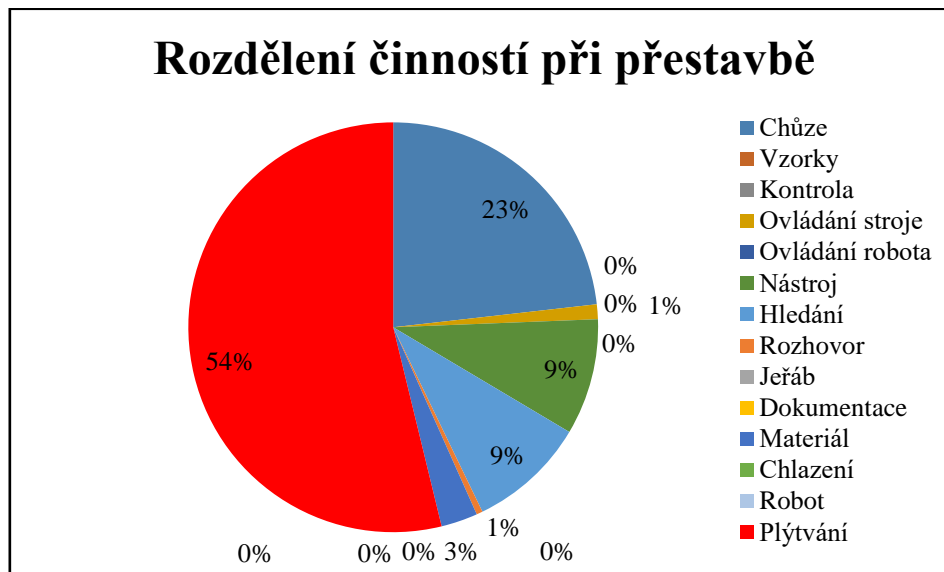
Po provedení identifikace, separace, konverze kroků a balancování je nový čas přestavby **0:11:24**, úspora času tedy činí 74 %. V následujícím grafu je znázorněn navrhovaný stav činností:



Obrázek 10-18 Navrhovaný stav rozdělení činností při přestavbě ridgelockingu

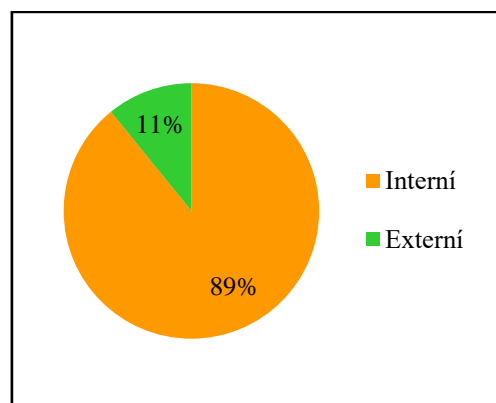
## 10.7 Přestavba spinneru

Práce operátora na přestavbě spinneru trvala **1:18:34**. Následující graf ukazuje procentuální rozdělení činností při přestavbě:



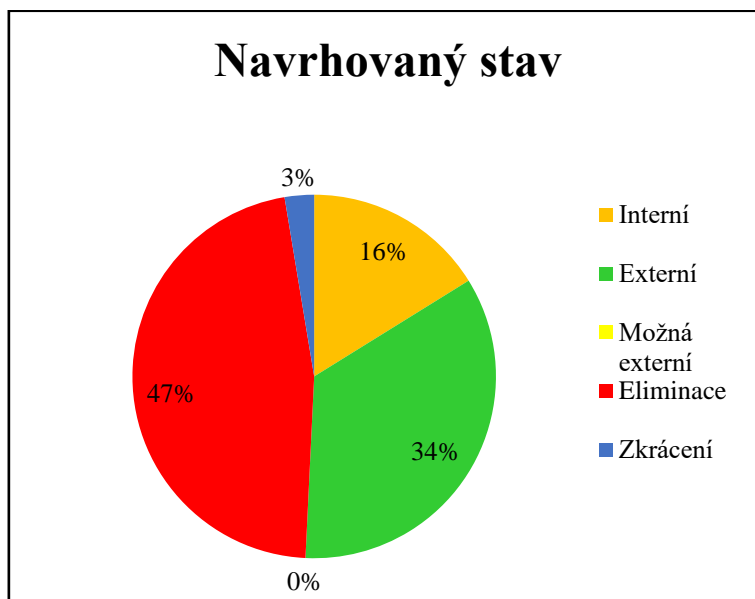
Obrázek 10-19 Rozdělení činností při přestavbě spinneru

Samotné plýtvání zaujímá 54 % celkového času přestavby. Další graf ukazuje rozdělení činností na interní a externí:



Obrázek 10-20 Původní rozdělení činností při přestavbě spinneru

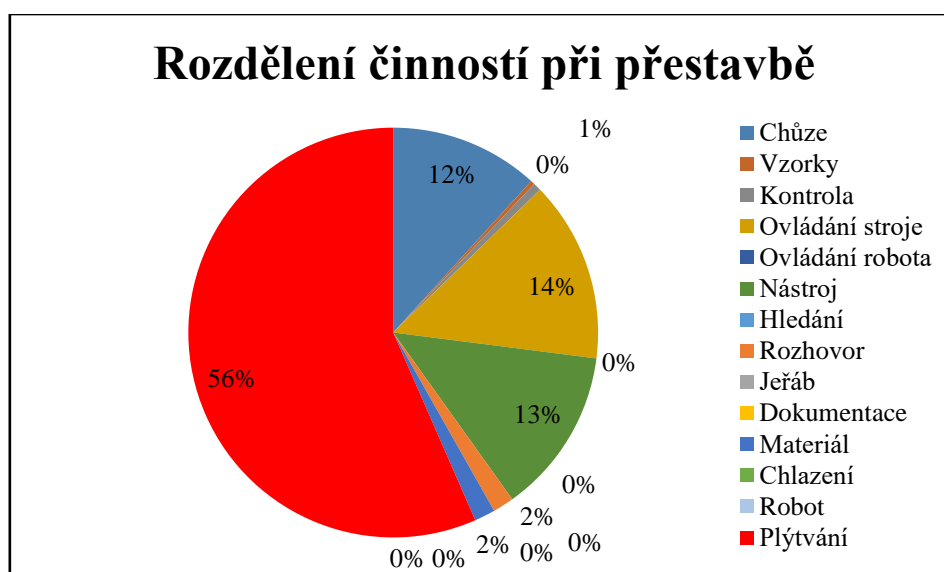
Po provedení identifikace, separace, konverze kroků a balancování je nový čas přestavby **0:12:41**, úspora času tedy činí 84 %. V následujícím grafu je znázorněn navrhovaný stav činností:



Obrázek 10-21 Navrhovaný stav rozdělení činností při přestavbě spinneru

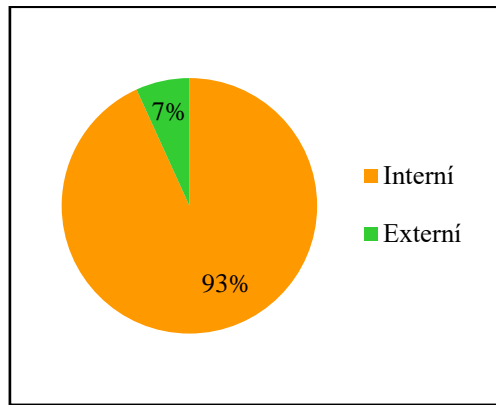
## 10.8 Přestavba LeakTestu

Práce operátora na přestavbě LeakTestu trvala **1:48:56**. Následující graf ukazuje procentuální rozdělení činností při přestavbě:



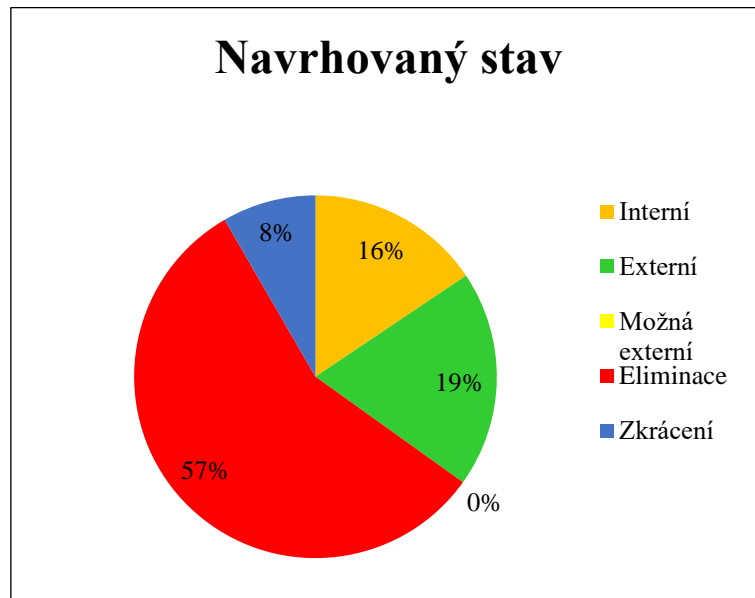
Obrázek 10-22 Rozdělení činností při přestavbě LeakTestu

Samotné plýtvání zaujímá 56 % celkového času přestavby. Další graf ukazuje rozdělení činností na interní a externí:



Obrázek 10-23 Původní rozdělení činností při přestavbě LeakTestu

Po provedení identifikace, separace, konverze kroků a balancování je nový čas přestavby **0:16:59**, úspora času tedy činí 84 %. V následujícím grafu je znázorněn navrhovaný stav činností:



Obrázek 10-24 Navrhovaný stav rozdělení činností při přestavbě LeakTestu

## 10.9 Shrnutí racionalizace přestaveb

Pro lepší přehled výsledků racionalizace přestavby pro jednotlivé pracovníky je vhodné vytvořit přehlednou tabulku s porovnáním výchozího stavu a stavu po racionalizaci.

**Tabulka 10-1 Shrnutí racionalizace přestaveb**

	Původní stav			Navrhovaný stav				
	Interní činnosti	Externí činnosti	Délka přestavby	Interní činnosti	Externí činnosti	Eliminace	Zkrácení	Délka přestavby
Práce seřizovače	96 %	4 %	1:40:44	17 %	21 %	58 %	4 %	0:17:38
Přestavba svařovacího robota interiéru	79 %	21 %	0:45:23	6 %	3 %	88 %	3 %	0:02:46
Práce programátora	100 %	0 %	0:42:22	26 %	6 %	53 %	15 %	0:06:20
Práce TeamLeadera	97 %	3 %	1:48:38	34 %	17 %	44 %	5 %	0:36:43
Přestavba flangeru	99 %	1 %	1:10:34	12 %	1 %	66 %	21 %	0:08:46
Přestavba ridgelockingu	100 %	0 %	0:43:03	27 %	8 %	60 %	5 %	0:11:24
Přestavba spinneru	89 %	11 %	1:18:34	16 %	34 %	47 %	3 %	0:12:41
Přestavba LeakTestu	93 %	7 %	1:48:56	16 %	19 %	57 %	8 %	0:16:59



## 11 Balancování přestavby

Dalším důležitým krokem po všech analýzách je balancování. Bylo nutné zkonsolidovat všechny analýzy, probrat přestavbu každého stroje se zkušenými operátory na lince a vytvořit pracovní návodky viz kapitola 8. Některé kroky byly prováděny dvěma pracovníky, což je zbytečné, a některé kroky je nutné provádět s pomocí. Balancování slouží k tomu, aby každý účastník přestavby měl pokud možno stejné množství práce a aby přestavba trvala co nejkratší dobu. Balancování přestavby je zřejmé z obrázků níže.

	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	Čas
Teamleader	Spinner	Stuffer	Spinner													0:14:56
Seřizovač	Robot welder Left						LeakTest									0:14:24
Operátor 1	Robot welder Right & F-Off												ext	0:12:47		
Operátor 2	Weil															0:14:55
Operátor 3	Flanger	Weil	Flanger	Ridgeloocking				Spinner			ext			0:14:20		
Operátor 4	Ridgeloocking															0:14:28
Operátor 5	Stuffer												ext			0:12:16
Operátor 6	Calibration															0:14:41

Obrázek 11-1 Balancování přestavby

TeamLeader započne práci přestavbou Spinneru a po dvou minutách pomůže pátému operátorovi s vyjmutím těžkého přípravku ze Stufferu a s nasunutím nového, poté se přesune zpět ke Spinneru a dokončí jeho přestavbu.

Seřizovač nejprve vymění levý přípravek svařovacího robota interiérů a poté přestaví stroj tlakové kontroly.

Operátor 1 bude přestavovat pouze pravý přípravek svařovacího robota a bude zodpovědný za korekce a uvolnění prvního kusu.

Operátor 2 se bude zabývat pouze přestavbou laserového svařovacího stroje Weil.

Operátor 3 započne práci přestavbou lemovacího stroje a začátkem třetí minuty pomůže operátorovi 2 s výměnou těžké rolny u laserového svařovacího stroje Weil, poté dokončí přestavbu lemovacího stroje. Následně pomůže operátorovi 4 s vyjmutím starého a vložením nového přípravku do plnicího lisu s uzamykáním prepážek a poté pomůže TeamLeaderovi s dokončením přestavby Spinneru.

Operátor 4 bude přestavovat pouze plnicí lis s uzamykáním prepážek.

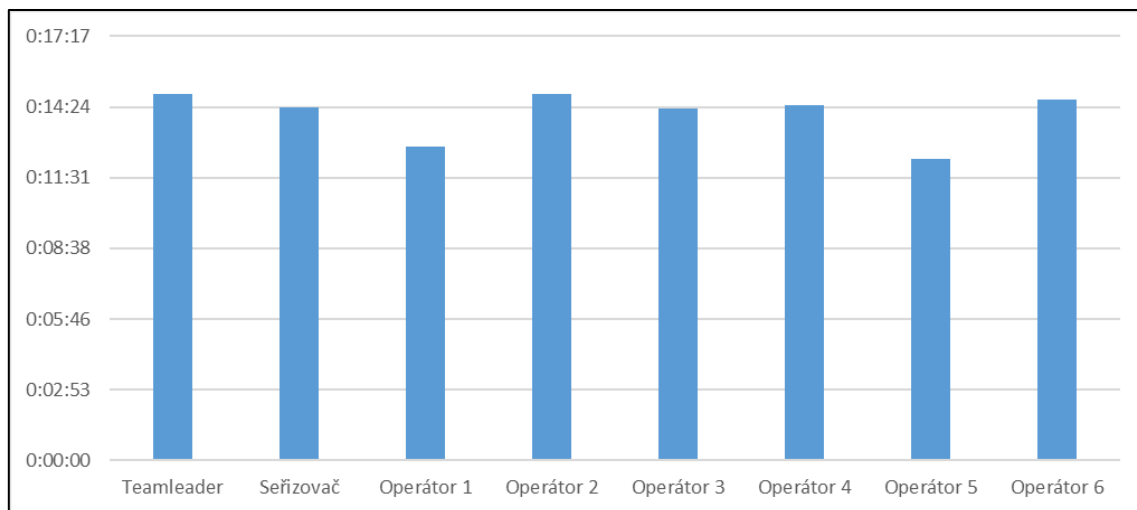
Operátor 5 bude přestavovat pouze Stuffer.

Operátor 6 bude přestavovat pouze kalibrační stroj.

Tabulka 11-1 Slovník strojů

Stroje	
Spinner	rolovací stroj
Stuffer	plnicí lis
Robot welder	svařovací robot interiéru
Weil	laserové svařování obálek
LeakTest	stroj tlakové kontroly
Flanger	lemovací stroj
Ridgeloeking	plnicí lis s uzamykáním přepážek
Calibration	kalibrační lis

Vybalancování práce jednotlivých operátorů je zřejmé z Obrázek 11-2 Množství práce jednotlivých účastníků přestavby



Obrázek 11-2 Množství práce jednotlivých účastníků přestavby

## 12 Technickoekonomické zhodnocení

Technickoekonomické zhodnocení racionalizace přestavby aplikací metody SMED spočívá v kalkulaci zisků z výroby po zkrácení doby přestavby na výrobní lince. Zkrácením doby přestavby totiž ušetříme čas, který můžeme efektivně využít pro výrobu většího množství kusů.

### 12.1 Výpočet uspořené času

Nejprve je důležité najít a vypočítat všechny důležité hodnoty pro výpočet úspory času. Z reportu víme, že na lince bylo od 1. 7. 2018 do 31. 12. 2018 (125 pracovních dnů) provedeno 196 přestaveb. Jelikož jsou data disponibilní právě za těchto 125 dnů, budou všechny výpočty vztaženy k této době. Plánované prostoje na lince sestávají z 40 minut zákonem daných přestávek a z 10 minut úklidu na lince na konci směny. Směna trvá 8 hodin, tedy 480 minut. Průměrný cyklový čas na výrobu jednoho výrobku je 43,13 sekund. Linka pracuje ve třísměnném provozu, tedy 15 směn denně.

**Nominální časový fond výrobní linky:**

$$Fn = 125 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 60 = 180\,000 \text{ min} \quad (12.1)$$

**Plánované prostoje:**

$$Pp = 125 \cdot 3 \cdot 50 = 18\,750 \text{ min} \quad (12.2)$$

**Využitelný časový fond výrobní linky:**

$$Fv = Fn - Pp = 180\,000 - 18\,750 = 161\,250 \text{ min} \quad (12.3)$$

**Koeficient přírážky směnového času:**

$$Kc = \frac{T}{T - Pp} = \frac{480}{480 - 50} = 1,12 \quad (12.4)$$

Tabulka 12-1 Hodnoty pro výpočet úspory času

Zkratka	Veličina	Hodnota	Jednotka
	Časové období	125	den
	Počet přestaveb	196	-
<b>ta<sub>pu</sub></b>	Čas původní přestavby	108,56	min
<b>ta<sub>nu</sub></b>	Čas přestavby po aplikaci SMED	14,56	min
<b>Fn</b>	Nominální časový fond (125 dnů)	180 000	min
<b>Fv</b>	Využitelný časový fond (125 dnů)	161 250	min
<b>Pp</b>	Čas plánovaných prostojů	50	min
<b>T</b>	Doba směny	480	min
<b>CT</b>	Průměrný cyklový čas	43,13	s
<b>Kc</b>	Koeficient přírážky směnového času	1,12	-

Samotný výpočet uspořené času bude vyplývat z rozdílu celkového času přestaveb v původní podobě za 125 dnů a celkového času přestaveb po racionalizaci za 125 dnů.

### 12.1.1 Původní stav

Původní stav počítá s původní délkou přestavby, tedy s  $ta_{pu} = 108,56$  min.

**Původní čas přestavby:**

$$t_{pp} = ta_{pu} \cdot Kc = 108,56 \cdot 1,12 = 121,59 \text{ min} \quad (12.5)$$

**Celkový původní čas přestaveb:**

$$T_{ppc} = 196 \cdot t_{pp} = 196 \cdot 121,59 = 23\,831,64 \text{ min} \quad (12.6)$$

**Doba původního chodu stroje:**

$$DCHSp = Fv - T_{ppc} = 161\,250 - 23\,831,64 = \mathbf{137\,418,36 \text{ min}} \quad (12.7)$$

### 12.1.2 Stav po racionalizaci přestavby metodou SMED

Stav po racionalizaci přestavby metodou SMED počítá s  $ta_{nu} = 14,56$  min.

**Nový čas přestavby:**

$$t_{pn} = ta_{nu} \cdot Kc = 14,56 \cdot 1,12 = 16,31 \text{ min} \quad (12.8)$$

**Celkový nový čas přestaveb:**

$$T_{pnc} = 196 \cdot t_{pn} = 196 \cdot 14,56 = 3\,196,76 \text{ min} \quad (12.9)$$

**Nová doba chodu stroje:**

$$DCHSn = Fv - T_{pnc} = 161\,250 - 3\,196,76 = \mathbf{158\,053,24 \text{ min}} \quad (12.10)$$

## 12.2 Uspořené čas za období

**Uspořené čas za období:**

$$UC = DCHSn - DCHSp = 158\,053,24 - 137\,418,36 = \mathbf{20\,623,88 \text{ min}} \quad (12.11)$$

Aplikací metody SMED tedy získáme 20 623,88 minut za období 125 dnů. Tento čas lze využít pro výrobu. Pro výpočet zvýšení kapacity je vhodné přepočítat uspořené čas za období na jednu směnu.

**Počet směn za období:**

$$Ps = 125 \cdot 3 = 375 \quad (12.12)$$

**Využitelný časový fond za směnu:**

$$Fvs = T - Pp = 480 - 50 = 430 \text{ min} \quad (12.13)$$

**Původní doba přestavby za směnu:**

$$T_{pps} = T_{ppc} : P_s = 23\,831,64 : 375 = 63,55 \text{ min} \quad (12.14)$$

**Nová doba přestavby za směnu:**

$$T_{pns} = T_{pnc} : P_s = 3\,196,76 : 375 = 8,52 \text{ min} \quad (12.15)$$

**Uspořený čas za směnu:**

$$t_{us} = T_{pps} - T_{pns} = \frac{UC}{P_s} = 63,55 - 8,52 = \frac{20\,623,88}{375} \cong 55 \text{ min} \quad (12.16)$$

**Původní kapacita za směnu:**

$$F_{cp} = \frac{F_{vs} - T_{pps}}{CT} = \frac{(430 - 63,55) \cdot 60}{43,13} \cong 509 \text{ ks} \quad (12.17)$$

**Nová kapacita za směnu:**

$$F_{cn} = \frac{F_{vs} - T_{pns}}{CT} = \frac{(430 - 8,52) \cdot 60}{43,13} \cong 586 \text{ ks} \quad (12.18)$$

**Zvýšení kapacity:**

$$CI = \frac{586}{509} = 1,15 \quad (12.19)$$

Aplikací metody SMED na výrobní lince docílíme navýšení kapacity výroby o 15 % za směnu. Lze předpokládat, že o stejné procento se zvýší i profit výrobní linky.

## **Závěr**

Diplomová práce na téma aplikace metody SMED pro racionalizaci přestavby výrobní linky probíhala v několika krocích. Nejprve byla popsána teorie štíhlého podniku a byly definovány základní metody průmyslového inženýrství, zabývající se právě zeštíhlováním s důrazem právě na metodu SMED. V praktické části byla nejprve po důkladné analýze výrobních dat za poslední půl rok vybrána pilotní oblast, tedy výrobní linka, na které bude metoda SMED aplikována. Tato linka se vyznačovala velkými výrobními objemy a nízkou dostupností zařízení, kterou metoda SMED dokáže zvýšit a zvýšit tím výrobní kapacitu linky. Druhým krokem byla identifikace kroků přestavby, která proběhla po natočení videozáznamu celé přestavby výrobní linky. Třetím krokem byla separace kroků přestavby, tedy rozdělení kroků na kroky interní, externí a na ty, které je možné eliminovat. Čtvrtým krokem byla konverze co největšího počtu interních kroků na externí. Pátým krokem byla racionalizace, tedy zjednodušení co největšího počtu interních kroků. Následně bylo důležité vybalancovat práci všech účastníků přestavby, tedy šesti operátorů, TeamLeadera a seřizovače a vytvořit pracovní návodky přestavby. Posledním krokem bylo technickoekonomické zhodnocení projektu. Díky aplikaci metody SMED byla zvýšena kapacita, a tedy i profit výrobní linky o 15 %.

## Literatura

- [1] ZELENKA, A., PRECLÍK, V.: Racionalizace výroby. Vydavatelství ČVUT, Praha, 2004, ISBN 80-01-02870-4.
- [2] HLAVENKA, B.: Projektování výrobních systémů. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, 2005, ISBN 80-214-2871-6
- [3] MASA AKI, I.: Gemba Kaizen, e-book. McGraw-Hill Professional, 2012. ISBN 9780071790352.
- [4] SHIGEO, S.: Quick Changeover for Operators. Taylor & Francis Inc., 1996, 96 s., ISBN 9781563271250.
- [5] ZANDIN, K. B.: MOST Work Measurement System. CRC Press, Florida, USA, 2003, ISBN 978-0-8247-0953-2.
- [6] Zákon č. 513/1991 Sb., obchodní zákoník [online]. [Cit. 28.10.2018]. Dostupné z: <http://business.center.cz/business/pravo/zakony/obchzak/cast1.aspx>
- [7] Metody a nástroje [online]. [Cit. 28.10.2018]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/24882-metody-a-nastroje>
- [8] BusinessDictionary [online]. [Cit. 28.10.2018]. Dostupné z: <http://www.businessdictionary.com/definition/manufacturing.html>
- [9] LEARN ABOUT QUALITY [online]. [Cit. 10.11.2018]. Dostupné z: <http://asq.org/learn-about-quality/project-planning-tools/overview/pdca-cycle.html>
- [10] 5S TODAY [online]. [Cit. 10.11.2018]. Dostupné z: <https://www.5stoday.com/what-is-5s/>
- [11] PETEŘÍK, Adam: *Balancování výrobní linky*. Plzeň, 2017. Bakalářská práce (Bc.). Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní, Katedra průmyslového inženýrství a managementu, 2017-06-28
- [12] BUREŠ, M.: Výukové materiály předmětu Řízení a organizace práce
- [13] Six Sigma Material [online]. [Cit. 11.11.2018]. Dostupné z: <http://www.six-sigma-material.com/Spaghetti-Diagram.html>
- [14] MANAGEMENT MANIA [online]. [Cit. 11.11.2018]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/ishikawuv-diagram>



- [15] Learnaboutgmp [online]. [Cit. 11.11.2018]. Dostupné z: <https://learnaboutgmp.com/good-manufacturing-practices-cgmp/production-line-balancing/>
- [16] Lean Production [online]. [Cit. 14.11.2018]. Dostupné z: <https://www.leanproduction.com/smed.html>