

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojírenství
Studijní zaměření: Průmyslové inženýrství a management

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Implementace metody SMED ve vybraném podniku

Autor: **Michal ČERNÝ**
Vedoucí práce: **doc. Ing. Milan EDL, Ph.D.**

Akademický rok 2017/2018

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal ČERNÝ**

Osobní číslo: **S16B0288P**

Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Průmyslové inženýrství a management**

Název tématu: **Implementace metody SMED ve vybraném podniku**

Zadávací katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Úvod
2. Teoretická východiska
3. Představení společnosti
4. Analýza stávajícího stavu
5. Návrh zlepšení
6. Přínos navrhovaného zlepšení
7. Závěr

Rozsah grafických prací: **0 výkresů**
Rozsah kvalifikační práce: **30 - 40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. **KAVAN, M.** *Výrobní a provozní management*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2002. ISBN 80-247-0199-5
2. **TOMEK, G., VÁVROVÁ V.** *Řízení výroby*. 2. vyd. Praha: Grada Publishing, 2003. ISBN 80-7169-955-1
3. **KOŠTURIÁK, J., FROLÍK, Z.** *Štíhlý a inovativní podnik*. 1. vyd. Praha: Alfa Publishing, 2006. ISBN 80-86851-38-9
4. **MAŠÍN, I., VYTLAČIL, M.** *Nové cesty k vyšší produktivitě: metody průmyslového inženýrství*. 1.vyd. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2000. ISBN 80-902235-6-7

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.**
Katedra průmyslového inženýrství a managementu
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Pavel Kábele**
Katedra průmyslového inženýrství a managementu
Datum zadání bakalářské práce: **20. září 2017**
Termín odevzdání bakalářské práce: **21. května 2018**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 20. září 2017

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Tímto děkuji svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Milanu Edlovi, Ph.D. za ochotu, cenné rady a připomínky, které mi poskytl během psaní této práce.

Dále děkuji Ing. Pavlu Kábelemu, za ochotu, rady a zkušenosti při vypracování praktické části práce.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Černý	Jméno Michal	
STUDIJNÍ OBOR	B2301 „Průmyslové inženýrství a management“		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Edl, Ph.D.	Jméno Milan	
PRACOVISŤE	ZČU – FST – KPV		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Implementace metody SMED ve vybraném podniku		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2018
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	60	TEXTOVÁ ČÁST	48	GRAFICKÁ ČÁST	9
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Práce se zabývá implementováním metody SMED ve společnosti Strojírna Soběslav, s. r. o. Teoretická část je věnována problematice štíhlé výroby, plýtvání a s tím spojených metod pro identifikaci a eliminaci plýtvání. Dále se práce zaměřuje na jednotlivé kroky systému SMED. V praktické části je provedeno snímkování a analýza přestavovacích časů na pracovišti. V závěrečné části je navržen pracovní postup, nové uspořádání pracoviště a návrhy na zlepšení vybraných operací.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p style="text-align: center;">SMED, štíhlá výroba, plýtvání, přestavovací čas</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Černý	Name Michal	
FIELD OF STUDY	B2301 “Mechanical Engineering“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Edl, Ph.D.	Name Milan	
INSTITUTION	ZČU – FST – KPV		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Implementation of SMED method in a chosen company		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KPV	SUBMITTED IN	2018
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	60	TEXT PART	48	GRAPHICAL PART	9
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The thesis deals with the implementation of the SMED method in Strojírna Soběslav, s. r. o. The theoretical part is devoted to the issue of lean production, waste and related methods for identification and elimination of waste. In addition, the thesis deals with the description of individual steps of the SMED method. In the practical part, imaging and analysis of the adjusting times at the selected workplace is carried out and the subsequent workflow is created. The final part proposes a new layout of the workplace and describes suggestions for improvement of selected operations.
KEY WORDS	SMED, Lean Manufacturing, Profusion

Obsah

1	Úvod	8
2	Výroba	9
2.1	Typy výroby	9
2.2	Uspořádání výroby	11
3	Štíhlá výroba	13
3.1	Historie štíhlé výroby	13
3.2	Principy štíhlé výroby	14
4	Plýtvání ve výrobě	15
4.1	Příčiny a důsledky plýtvání	16
4.2	Metody a nástroje pro identifikaci plýtvání	17
4.2.1	VSM (Value Stream Mapping)	17
4.2.2	Procesní analýza	18
4.2.3	Snímek pracovního dne	18
4.3	Metody a nástroje pro eliminaci plýtvání	18
4.3.1	Metoda 5S	18
4.3.2	OEE (Overall Equipment Effectiveness)	19
4.3.3	SMED (Single Minute Exchange of Dies)	19
5	Seřizování a výměna nástrojů	20
5.1	Čas seřizování	20
5.2	System SMED	21
5.2.1	Využití systému SMED	21
5.2.2	Základní koncepce systému SMED	21
5.2.3	Hlavní zásady při aplikaci systému SMED	22
5.2.4	Přínosy SMED	23
5.2.5	Omezení a rizika SMED	23
6	Představení společnosti Strojírna Soběslav, s. r. o.	24
6.1	Historie společnosti	24
6.2	Organizační struktura	25
6.3	Strojový park	26
6.4	Charakteristika produktu	26
7	Analýza procesu	27
7.1	Popis vybraného pracoviště	27
7.2	Popis procesu	28
7.3	Vyhodnocení aktuálního stavu	30

7.4	Zaznamenané druhy plýtvání	34
8	Návrh na zlepšení.....	36
8.1	Navržení nového postupu výroby	36
8.1.1	Eliminace ztrátových časů	36
8.1.2	Nový pracovní postup první výměny	39
8.1.3	Porovnání druhé a čtvrté výměny	39
8.1.4	Nový pracovní postup druhé až x-té výměny	40
8.2	Navržení nového uspořádání pracoviště	40
8.3	Návrhy pro zlepšení vybraných operací.....	43
9	Závěr	45
10	Seznam použité literatury	46

Seznam obrázků, tabulek, grafů a příloh

Seznam obrázků

Obrázek 1: Kusová výroba [20].....	10
Obrázek 2: Sériová výroba [20].....	10
Obrázek 3: Hromadná výroba [20].....	10
Obrázek 4: Technologické uspořádání [20].....	11
Obrázek 5: Předmětné uspořádání [20].....	12
Obrázek 6: Štíhlý a inovativní podnik.....	13
Obrázek 7: 7 typů plýtvání [5].....	15
Obrázek 8: Metoda VSM [9].....	17
Obrázek 9: Metoda 5S [1].....	19
Obrázek 10: Obecný postup přestavby [5].....	20
Obrázek 11: Rozdělení na interní a externí činnosti [11].....	22
Obrázek 12: Systém SMED [11].....	22
Obrázek 13: Budova Strojírny Soběslav [17].....	24
Obrázek 14: Logo Strojírny Soběslav [17] Soběslav.....	24
Obrázek 15: Organizační struktura společnosti [3].....	25
Obrázek 16: Ukázka hotových výrobků [17].....	26
Obrázek 17: Umístění analyzovaného pracoviště ve 2. výrobní hale.....	27
Obrázek 18: Pracoviště s CNC vertikálním obráběcím centrem AWEA BM -1600.....	28
Obrázek 19: Identifikační štítek CNC obráběcího centra AWEA BM -1600.....	28
Obrázek 20: Obrobek před zahájením obrábění.....	29
Obrázek 21: Ustavování obrobku.....	29
Obrázek 22: Stávající uspořádání pracoviště.....	41
Obrázek 23: Špagetový diagram první výměny.....	41
Obrázek 24: Navržené uspořádání pracoviště.....	42
Obrázek 25: Zásuvková dílenská skříň [6].....	42
Obrázek 26: Dílenský regál [14].....	43
Obrázek 27: Pneumatický rázový utahovák [13].....	43
Obrázek 28: U-podložka [11].....	44
Obrázek 29: Opasek na náradí [15].....	44

Seznam tabulek

Tabulka 1: Vytvořený formulář pro analýzu pracoviště metodou SMED.....	30
Tabulka 2: Částečný záznam činností a analýza první výměny	31
Tabulka 3: Záznam činností a analýza druhé výměny	32
Tabulka 4: Záznam činností a analýza čtvrté výměny	33
Tabulka 5: Uspořádané činnosti po eliminaci ztrát u druhé výměny.....	37
Tabulka 6: Uspořádané činnosti po eliminaci ztrát u čtvrté výměny.....	38
Tabulka 7: Nový pracovní postup první výměny.....	39
Tabulka 8: Nový pracovní postup druhé až x-té výměny.....	40

Seznam grafů

Graf 1: Zastoupení časů dle metody SMED v první výměně.....	31
Graf 2: Zastoupení časů dle metody SMED ve druhé výměně.....	32
Graf 3: Zastoupení časů dle metody SMED ve čtvrté výměně.....	34
Graf 4: Celkové ztrátové činnosti ve všech analyzovaných výměnách	35
Graf 5: Porovnání časů první výměny před a po odstranění ztrát.....	36
Graf 6: Porovnání časů druhé výměny před a po odstranění ztrát	37
Graf 7: Porovnání časů čtvrté výměny před a po odstranění ztrát	38

Seznam příloh

Příloha č.1: Záznam činností a analýza první výměny

Příloha č.2: Uspořádání externích a interních činností po eliminaci ztrát u první výměny

Příloha č.3: Porovnání druhé a čtvrté výměny po uspořádání činností a eliminaci ztrát

Přehled použitých zkratk a symbolů

CAD	Computer-aided design
CNC	Computer Numeric Controll
DPH	Daň z přidané hodnoty
Extr.	Externí činnosti
Int.	Interní činnosti
IVÚ	Integrované výrobní úseky
Kč	Koruna česká
kg	Kilogram
mm	Milimetr
např.	Například
OEE	Overall Equipment Effectiveness
PVS	Pružné výrobní systémy
s. r. o.	Společnost s ručením omezeným
SMED	Single Minute Exchange of Dies
TPM	Total Productive Maintenance
VSM	Value Stream Mapping
Ztr.	Ztrátové činnosti
5S	Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke

1 Úvod

Hlavním cílem této práce je implementování metody SMED na pracovišti ve vybraném podniku. Aplikace tohoto systému slouží ke zvýšení vytíženosti strojů, vede ke snížení doby výroby a tím i ke snížení počtu chyb při seřizování.

Teoretická část práce se bude zabývat výrobou, která je základem každého výrobního podniku. Výroba využívá pracovní sílu, prostředky a předměty k vytváření nových užitečných hodnot pro naplnění spotřební poptávky. Dále bude představena problematika štihlé výroby a s ní spojené štihlé pracoviště, které mají za cíl dodávat výrobky nejvyšší kvality v co nejkratší možné realizační lhůtě.

Podnik, který chce vyrábět kvalitní konkurenceschopné výrobky s výrobním procesem, který je efektivní, musí omezit všechny činnosti, které nepřidávají výrobku hodnotu z pohledu zákazníka a stávají se tedy z hlediska podniku plýtváním.

Pro realizaci praktické části je zvolena společnost Strojírna Soběslav, s. r. o., jejíž předmět činnosti je zakázková a malosériová výroba strojů a strojních dílů. Zákazníci společnosti pocházejí z České republiky, Slovenska či Německa. V podniku probíhá nejen samotná výroba, ale také finální montáž včetně lakování a elektroinstalace. V práci bude představena stručná historie společnosti, její organizační struktura a v neposlední řadě také vyráběný produkt.

V další části práce bude provedena analýza vybraného pracoviště a zdrojem informací pro toto vyhodnocení bude jeho snímkování. Dle principů metody SMED budou zjištěné operace rozděleny dle svého charakteru, a sice na činnosti interní, externí či ztrátové.

Po úvodní prezentaci získaných dat ze snímkování bude v práci uskutečněna optimalizace činností dle zvolené metody. V případě, že se zde vyskytnou některé ztrátové činnosti, které výrobku nepřidávají žádnou hodnotu, bude provedena jejich eliminace.

V poslední části práce budou uvedeny návrhy a doporučení ke zlepšení zjištěné situace analyzovaného pracoviště Strojírny Soběslav.

2 Výroba

„Výroba je proces vytváření nových užitných hodnot účelným spotřebováváním základních činitelů výroby – pracovní síly, pracovních prostředků a pracovních předmětů.“ [20]

Výroba představuje aplikaci obecných zásad a nástrojů managementu na oblast výroby. Slouží obecně v rámci podniku pro naplnění tržní poptávky pomocí vytváření materiálních i nemateriálních statků. Produkce zboží je sdružena s konkrétním výstupem, tedy ze vstupních faktorů především z polotovarů se pomocí transformačního procesu stává finální výrobek. Transformační neboli výrobní proces vyžaduje ke své realizaci pracovní sílu. Tato pracovní síla pomocí podnikových prostředků jako jsou stroje, nástroje, přípravky transformuje vstupní polotovar. Následným zpětným hlášením z fyzického výrobního procesu se porovnává plán se skutečností a hodnotí se výsledek vyráběného množství, jednotlivých dávek či operací. Proto, aby byla výroba úspěšná, musí platit, že náklady na jeden výrobek jsou nižší než prodejní cena výrobku. [19]

Dle Tomka a Vávrové [19] se výrobní proces obecně dělí do tří fází:

- předzhotovující – výroba základních dílů,
- zhotovující – výroba základních podsestav,
- dohotovující – výroba finálních výrobků. [19]

Pracoviště

Pracoviště je základní prvek výrobního systému. Tento prvek je technologicky a kapacitně určený, prostorově ohraničený a relativně samostatný pracovní prostředek. Praxi bývá pracoviště zjednodušeně označováno jako stroj, ale to je nepřesný název. [20]

Výrobní úsek

V praxi je výrobní úsek označován jako skupina strojů. Přesněji je to soustava několika pracovišť, které jako celek umožňují výrobu určeného souboru dílů výrobku. [4]

2.1 Typy výroby

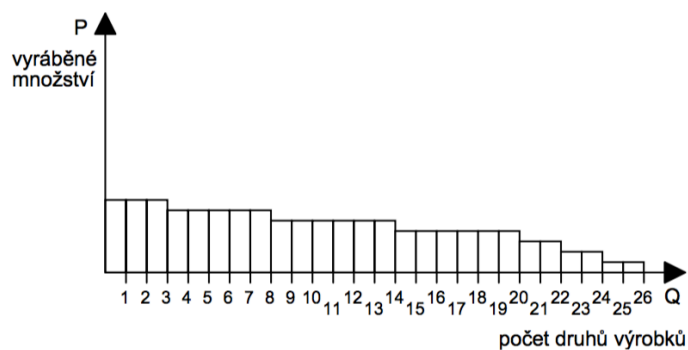
Stupeň standardizace výroby, tedy rozsah výstupu má zásadní vliv na způsob, jakým je výroba organizována. Dle Kavana [4] se výroba dělí na následující typy:

Projekt

Jeden výrobní cíl disponuje množinou výrobních činností, přičemž projekty v současné době mají rozsah těchto činností širší. Společným prvkem projektů je pevný začátek a konec prací. Příkladem projektu je například vývoj nového projektu, instalace pružné výrobní linky, přestěhování složitého výrobního zařízení atd. [4]

Kusová výroba

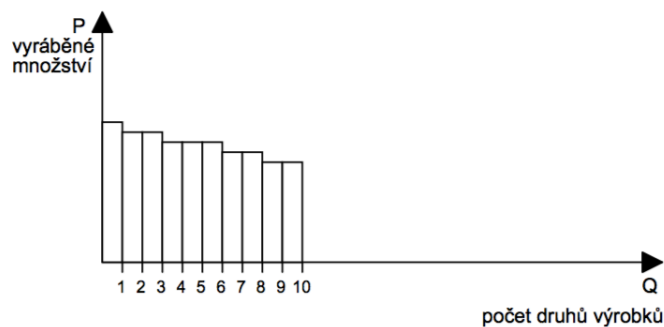
Produkce různých typů výrobků dle zákaznickovy specifikace v malém množství. Specifikem kusové výroby je technologické uspořádání výrobního procesu. Příkladem je výroba letadla nebo generální opravy brusek. [4]



Obrázek 1: Kusová výroba [20]

Sériová (opakovaná) výroba

Vzniká při opakované produkci jednoho nebo více výrobků či služeb. Sériová výroba dosahuje nejvyššího stupně efektivnosti při pokročilé fázi aplikované standardizace. Dnes je charakteristický rys této výroby nasazení určitého počtu specializovaného zařízení, včetně dílčí pružné automatizace. [4]



Obrázek 2: Sériová výroba [20]

Hromadná výroba

Používáno pro výrobu jednotvárných výrobků a služeb, pro dosažení nejvyššího stupně efektivní výroby. Charakteristikou hromadné výroby je předmětné uspořádání výrobního procesu. Typickým příkladem hromadné výroby je výrobní linka s nasazením vysoce specializovaného zařízení a automatizace. [4]



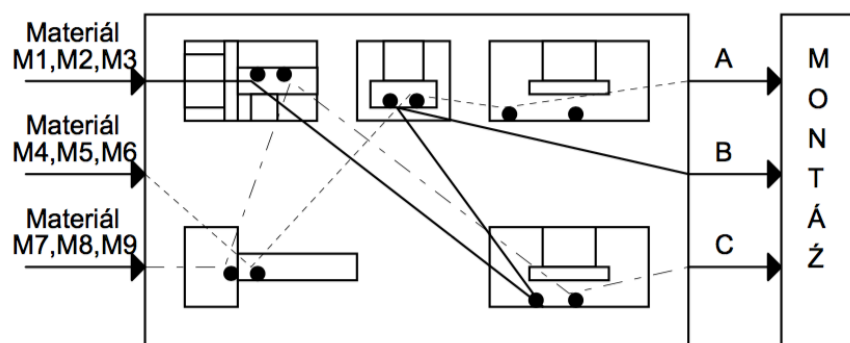
Obrázek 3: Hromadná výroba [20]

2.2 Uspořádání výroby

Uspořádání výrobního celku dle Glezy a Basla [20]:

Technologické

Technologické uspořádání je takové, které se vyznačuje seřazením pracovišť se stejnou nebo blízkou technologickou charakteristikou do výrobních úseků. Výsledkem jsou názvy výrobních úseků, které svým názvem prozrazují druh technologie, která je v nich realizována. Typickým příkladem technologického uspořádání jsou názvy obrobna, lisovna, kovárna, slévárna atd. Technologického uspořádání výroby je hlavně uplatňováno v malosériové a kusové výrobě. [20]



Obrázek 4: Technologické uspořádání [20]

Dle Glezy a Basla [20] jsou výhody technologického uspořádání výroby například následující:

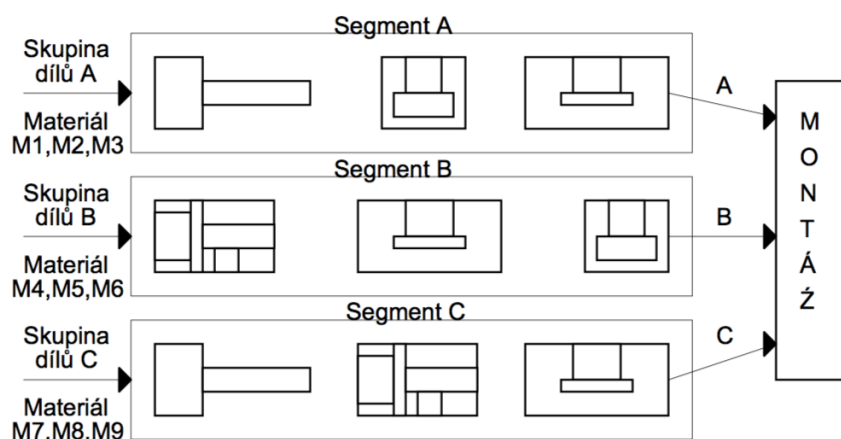
- snadná možnost využití volných kapacit pracovišť,
- možnost kooperace,
- malá citlivost na změny výrobního programu,
- výhodné podmínky pro opravu strojů, jelikož se soustředí do jednoho místa,
- malá citlivost na poruchu stroje – stroj lze nahradit. [20]

Naopak mezi nevýhody tohoto typu uspořádání lze zařadit například:

- velká potřeba meziskladů,
- náročnost na přípravu a řízení výroby,
- velká potřeba výrobních ploch,
- dlouhá dopravní cesta při dopravě dílů mezi pracovišti,
- relativně velký objem rozpracované výroby. [20]

Předmětné

Toto uspořádání se vyznačuje tím, že do výrobních úseků jsou zařazována všechna technologická pracoviště, která jsou nutná ve výrobě konkrétní části výrobku. Výsledkem je, že celá výroba je rozdělena na jednotlivé úseky. Na konci těchto úseků je montáž, která jednotlivé díly složí dohromady. Typické použití pro předmětné uspořádání výroby jsou linky. Linky představují koncentrované uspořádání pracovišť, mezi kterými jsou jednotlivé díly dopravovány dopravním systémem. Tento dopravní systém tvoří podstatnou vazbu mezi pracovišti linky. Předmětné uspořádání nachází uplatnění hlavně v hromadné a velkosériové výrobě. [20]



Obrázek 5: Předmětné uspořádání [20]

Výhody předmětného uspořádání jsou například:

- krátké dopravní cesty mezi pracovišti,
- relativně menší potřeby meziskladů,
- krátká průběžná doba výroby,
- malé nároky na výrobní plochy,
- nenáročná příprava a řízení výroby,
- nízký objem rozpracované výroby. [20]

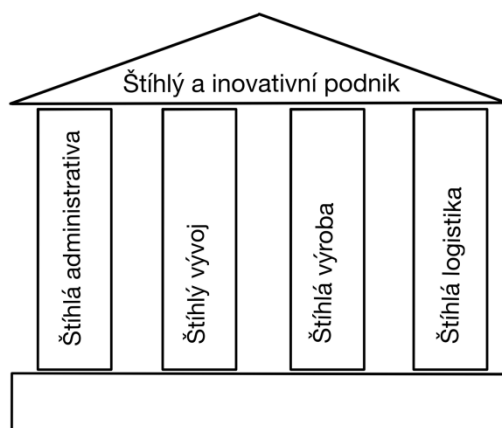
Mezi nevýhody tohoto uspořádání lze například zařadit:

- velká citlivost na změny výrobního programu,
- nemožnost využití volné kapacity pracovišť,
- náročná údržba a opravy. [20]

Dalším moderním vývojovým stupněm uspořádání pracovišť jsou integrované výrobní úseky (IVÚ) a pružné výrobní systémy (PVS). Tato moderní uspořádání se starají o automatizaci dopravního systému mezi pracovišti, či zajišťují snadné přizpůsobení se změně výrobního programu. Kromě výše zmíněného, jsou v koncepci všech pracovišť, které tvoří pružný výrobní systém, uplatněny principy mechanizace a automatizace činností. [20]

3 Štíhlá výroba

„Štíhlá výroba je vedle štíhlého vývoje, logistiky a administrativy jeden ze základních stavebních kamenů štíhlého podniku. Štíhlou výrobu můžeme chápat jako soubor metod, nástrojů a principů, kterými se soustředujeme na výrobu – výrobní pracoviště, linky, strojní zařízení, výrobní pracovníky. Cílem je mít stabilní, flexibilní a standardizovanou výrobu.“ [2]



Obrázek 6: Štíhlý a inovativní podnik

Hlavní myšlenka štíhlé výroby plyne ze zvyšování kvality, která je definovaná požadavkem zákazníka. Štíhlá výroba chápe kvalitu jako primární faktor úspěchu. A proto také všechny nástroje typické pro zavádění štíhlých principů se na zvyšování kvality produktů a procesů zaměřují. Proto, aby podnik disponoval štíhlou výrobou, musí dodávat výrobky nejvyšší kvality v co možná nejkratší realizační lhůtě a současně udržovat vysokou kvalitu procesů. [18]

Filozofie štíhlé výroby je založena na myšlence zkrácení času mezi zákazníkem a dodavatelem, eliminací či úplným odstraněním plýtvání v řetězci mezi nimi. Plýtvání je definováno jako zdroj, který není adekvátně využíván, a je tedy nutné provést optimalizaci. Pod slovem zdroj si můžeme představit nejen materiál, ale i také čas, úsilí a zaměstnance. Je důležité se zaměřit na analýzu využití zaměstnanců a času, aby bylo možné optimalizovat výkony a redukovat plýtvání. [18]

3.1 Historie štíhlé výroby

První zmínky o štíhlé výrobě se datují do roku 1450, ale až Henry Ford dokázal skutečně integrovat celý výrobní proces. V roce 1913 implementoval do výroby zaměnitelné díly a zavedl standardizovanou výrobu s pohybujícím se dopravníkem. Dále seřadil všechny kroky výroby za sebou a všude, kde je to možné, zařadil jednoúčelové stroje, které uměly vyrábět dokonale padnoucí komponenty do vozidel. Tento krok byl opravdu revoluční, jelikož v té době podniky disponovaly univerzálními stroji, které nebyly příliš přesné. Problém nastal, když zákazníci požadovali variabilitu. Ford vyráběl automobily se stále stejnou barvou a se stále stejným podvozkem. [7]

Prosperita 20. let 20. století a příchod odborových svazů vyvolaly konflikt se systémem Ford, který zejména závisel na pracovní síle. Svět se začal měnit a do té doby úspěšný systém Ford se začal rozpadat. [16]

Principy systému Ford se inspirovala Japonská Toyota a v roce 1930 přišla na trh se širokou nabídkou produktů. Inženýři Kiichiro Toyoda a Taiichi Ohno vytvořili řadu jednoduchých

inovačních metod, které zajistily variabilnost produktů. Tento systém přesunul pozornost inženýrů z jednotlivých strojů k toku produktů skrze celým procesem. Pro zajištění kvality začala Toyota monitorovat jednotlivá pracoviště a implementovala do výroby rychlé přestavování strojů. Dále zavedla systém, kdy jednotlivé kroky ve výrobě oznamovaly aktuální potřebu materiálu. Takto mohla Toyota vyrábět malé objemy dílů s mnoha variacemi a vysokou kvalitou přesně na přání zákazníka. [18]

Začátkem 80. let si společnosti v západním světě uvědomily, že Japonsku nemohou konkurovat. Proto se začaly více zajímat o Toyota Production System a následně představily své verze tohoto systému pod různými názvy jako např. Continuous Flow Manufacturing či World Class Manufacturing. V roce 1990 byl termín Lean Manufacturing, tedy štíhlá výroba, představen v knize *The Machine that Changed the World*, kterou napsali Womack a Jones. Od této doby se pojem štíhlá výroba začal používat nejen v automobilovém průmyslu, ale téměř ve všech průmyslových odvětvích. [8]

Důležité je si uvědomit, že Lean Manufacturing není sadou statických nástrojů, které lze aplikovat podle stanoveného vzorce, ale filozofií, která se zabývá identifikací vnímané hodnoty zákazníkem a následně její využití, co nejúčinnějším způsobem. [8]

3.2 Principy štíhlé výroby

Štíhlá výroba vede k zpracování průběžné doby eliminací plýtvání v dodavatelsko-odběratelském řetězci. Základní formy plýtvání jsou popsány v kapitole 4 Plýtvání ve výrobě.

Jedním ze základních předpokladů zeštíhlování podniku je neustálé zlepšování. V Japonsku, ze kterého většina metod štíhlého podniku pochází, se zlepšování nazývá kaizen. Kaizen je systém kontinuálního zlepšování v osobním, sociálním, ale i pracovním životě, zahrnuje jak dělníky, tak i manažery. [5]

Štíhlé pracoviště

Na návrh rozvržení pracoviště má velký vliv pohyb, který pracovník na daném místě provádí. Od pohybů na pracovišti se poté odvíjí spotřeba času, výkonové normy, výrobní kapacity a další parametry výroby. Hlavní metoda, která pomáhá vytvářet štíhlé pracoviště, se jmenuje 5S. Tato metoda je podrobněji popsána níže. [5]

Pro správné fungování většiny prvků štíhlého podniku je základem týmová práce. Tento předpoklad je daný tím, že většina plýtvání v podniku je způsobena špatnou komunikací a spoluprací mezi lidmi. Ke štíhlému pracovišti patří vizualizace, která je jakýmsi standardem daného procesu. Vizualizace nám umožňuje průběžnou kontrolu kvality, produktivity či efektivnosti procesu na pracovišti. [5]

Pro správné fungování výrobních strojů je třeba neustálá údržba těchto zařízení. Proto byl vymyšlen systém TPM (Total Productive Maintenance), který má za cíl zvyšovat produktivitu zařízení. Tento systém redukuje všechny čas, který ubírá danému stroji kapacitu jako je např. výroba zmetků, přestavování zařízení, práce při snížené rychlosti a poruchy. TPM systém využívá metodu SMED pro rychlé změny výrobního sortimentu. Tato metoda je rozpracována níže.

Hlavní cíle štíhlého pracoviště jsou dle Košturiaka [5] následující:

- zvýšení výkonosti,
- snížení úrazovosti a zatížení organismu,
- zvýšení autonomnosti a možnosti víceobsluhy,
- zlepšení kvality stabilizace procesu. [5]

4 Plýtvání ve výrobě

Do plýtvání ve výrobě lze zařadit všechny činnosti v procesu, které nepřidávají hodnotu výrobku. Naopak do plýtvání nepatří ty činnosti v procesu, které výrobku hodnotu přidávají. Za činnosti, které přidávají hodnotu, lze považovat takové aktivity, které požaduje zákazník a platí za ně. Dále jsou to činnosti, které přetváří materiál nebo informaci, a v neposlední řadě jsou to aktivity, které jsou udělány na poprvé správně. Pokud jsou při činnosti naplněny všechny tři výše zmíněné podmínky, nejedná se o plýtvání, vše ostatní jsou činnosti, které nepřidávají hodnotu, a tudíž se jedná o plýtvání. [5]

Aktivity, které nepřidávají hodnotu, lze ještě rozdělit na čisté plýtvání, což jsou činnosti, které lze úplně eliminovat, jako je například čekání, nadvýroba a nezbytné činnosti nepřidávající hodnotu. Tyto nezbytné činnosti nelze úplně eliminovat, ale lze je minimalizovat. Mezi tyto aktivity patří například přeprava a kontrola. [5]

Japonský inženýr Taiichi Ohno, který pracoval pro společnost Toyota, klasifikoval plýtvání na pracovišti do sedmi kategorií:



Obrázek 7: 7 typů plýtvání [5]

1. Nadvýroba

Předstih před plánem tedy nadvýroba je považován za nejhorší přestupek. Ve výrobě to má za následek ohromné plýtvání. Potřebné suroviny se spotřebovávají dříve, než je potřeba, a to vede k plýtvání lidskými a energetickými vstupy. Dále nadvýroba vede k plýtvání kapacitou výrobního stroje a v neposlední řadě k navýšení prostorových nároků na uskladnění přebytečných zásob. [5]

2. Zásoby

Nadbytečné zásoby zvyšují provozní náklady tím, že zabírají místo a vyžadují nasazení dalších zařízení. Mezi tato zařízení patří sklady, vysokozdvižné vozíky a pásové dopravníky. Tyto všechny procesy navíc vyžadují lidské síly, a to ve formě provozu a řízení skladů. Nižší hladina zásob nám pomáhá včas identifikovat problémové oblasti. [5]

3. Výroba defektních výrobků

Defektní výrobky neboli zmetky přerušují výrobu a vyžadují nákladné opravy. Často se musí celý výrobek vyhodit, tím vzniká ohromné plýtvání zdroji a prací. Defektní výrobky mnohdy způsobí poškození drahých upínacích či výrobních zařízení, což vede k dalšímu plýtvání. [5]

4. Pohyb

Jakýkoliv pohyb pracovníků, který nepřidává výrobku hodnotu je brán jako neproduktivní. Příkladem plýtvání pohybem je zvedání nebo nošení těžkých předmětů, které je zároveň pro zaměstnance velmi obtížné. [5]

5. Nadbytečné zpracování

Do této kategorie spadá zbytečné zpracování nebo kvalita, kterou již nepožaduje zákazník. Nadbytečné zpracování může být způsobeno nevhodně zvolenou technologií, nebo nevhodným provedením samotného procesu zpracování produktu. Vše výše popsané vede k plýtvání. [5]

6. Čekání

Ke zbytečným prostojům dochází tehdy, kdykoliv dojde k zastavení práce z důvodu nerovnováhy na lince, nedostatku součástí nebo poruchy stroje. Jako plýtvání lze považovat i to, když zaměstnanec čeká, než se samotný výrobek na stroji vyrobí. Stroj provádí činnost, která přidává hodnotu produktu, ale zaměstnanec nikoliv. [5]

7. Přemístování

Doprava ve výrobních procesech vozíky, vysokozdviznými vozíky a dopravními pásy je nezbytná, ale nepřidává produktu žádnou hodnotu. Ve všech těchto typech přepravy může navíc dojít k poškození produktu. [5]

V posledních letech se k sedmi typům plýtvání přidává ještě osmý a devátý typ, a to plýtvání znalostmi lidí a plýtvání v technice.

8. Plýtvání znalostmi lidí

Plýtvání znalostmi lidí je stav, kdy podnik plně nevyužívá všechny vědomosti a dovednosti lidí ve prospěch dosažených cílů. Tato forma plýtvání existuje buď uvnitř výrobního závodu, nebo mezi závodem a zákazníkem. [5]

9. Plýtvání v technice

Plýtvání v technice znamená navrhování příliš složitých struktur, i když to není nezbytně nutné a nabízí se jednodušší řešení. Takovýto přístup jde jak proti zákazníkovi, tak i proti požadavkům provozu a měl by být eliminován. [5]

4.1 Příčiny a důsledky plýtvání

Níže budou vypsány potencionální příklady příčin a důsledků plýtvání.

Příčiny plýtvání:

- nedostatek pořádku a čistoty na pracovišti,
- špatná komunikace,
- poruchovost strojů,
- dlouhá doba seřízení,
- špatné plánování,
- nerovnoměrné dodávky materiálu,

- špatná výrobní dokumentace. [5]

Důsledky plýtvání:

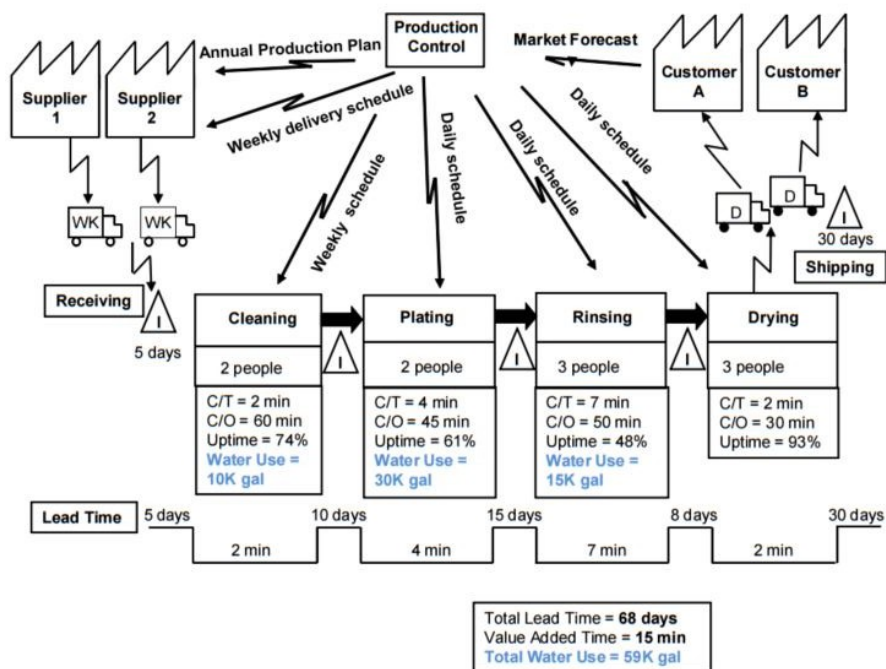
- nevyužité stroje a vysoké prostoje,
- vysoké zásoby a rozpracovanost výroby,
- přetížení některých pracovních pozic,
- nekvalitní výrobky či zmetky,
- neuspořádané pracoviště,
- neplnění plánu,
- vysoké náklady. [5]

4.2 Metody a nástroje pro identifikaci plýtvání

Jak bylo definováno výše, za plýtvání lze označit všechny procesy, které nepřidávají hodnotu výrobku a zvyšují jeho náklady. Právě tyto procesy by měly být eliminovány. Abychom mohli plýtvání odstranit, musíme jej nejprve rozeznat, a to pomocí nástrojů a metod pro identifikaci plýtvání. [2]

4.2.1 VSM (Value Stream Mapping)

První nástroj pro identifikaci se zaměřuje na mapování hodnotného toku. Graficky se znázorní a popíše stávající stav procesu s cílem navrhnout stav budoucí. Data jsou získávána přímo v provozu a znázorňují se standardizovanými ikonami. VSM je velmi komplexní nástroj, který identifikuje a kvalifikuje plýtvání v celém hodnotovém toku, informuje o velikosti a počtu skladů a meziskladů. V neposlední řadě tento nástroj identifikuje úzká místa, jejichž zprůchodněním dojde ke skokovému zlepšení. Výstupem VSM je tzv. VA – index. Tento index je poměrem času, který přidává hodnotu k času, který nepřidává hodnotu. [2]



Obrázek 8: Metoda VSM [9]

4.2.2 Procesní analýza

Metoda procesní analýzy rovněž slouží k identifikaci plýtvání. Oproti VSM ale přímo cílí na plýtvání v podobě zbytečné manipulace. Často bývá používána jako podklad pro optimalizaci materiálových toků a layoutů jednotlivých pracovišť. Tato analytická metoda popisuje účinnost a výkonnost operací obsahujících větší podíl přesunu, čekání a překážek. Výstupem je procesní diagram, který graficky znázorňuje sled aktivit pomocí symbolů. [2]

4.2.3 Snímek pracovního dne

Tento způsob identifikace plýtvání ve výrobním procesu je oproti VSM a procesní analýze cíleně zaměřen na jednotlivá pracoviště. Snímek pracovního dne je vždy zaměřen na konkrétního pracovníka či skupiny pracovníků a zaznamenává veškeré spotřeby pracovního času během směny formou nepřetržitého pozorování. Jedná se o univerzální metodu, kterou je možné pozorovat práci dělníka, administrativního i řídicího pracovníka. [2]

Proces snímkování pracovního dne je následující:

1. Přípravná fáze

Úkolem přípravné fáze je vysvětlit pracovníkům, kteří snímkování budou provádět, jaký je cíl projektu, co má být zapisováno, či představit jim pracoviště, které bude snímkováno. [2]

2. Vlastní měření a zaznamenávání

V druhé etapě jsou zaznamenány jak počátek, tak konec všech činností do předem připraveného pozorovacího listu. Zpravidla se naměřený čas zaokrouhluje na celé minuty. [2]

3. Vyhodnocení snímku pracovního dne

V poslední části snímkování se vypočítá z postupného času jednotlivý čas operací. Každý jednotlivý čas se zhodnotí z hlediska obsahu činnosti či nečinnosti. Následně se stejnorodé činnosti sumarizují do skutečné bilance spotřeby času směny. Skutečná bilance vyjadřuje, kolik času v minutách a procentech času směny připadá na jednotlivé kategorie zkoumaného času pracovní směny. [2]

4.3 Metody a nástroje pro eliminaci plýtvání

Po identifikaci plýtvání následuje eliminace těchto činností. Níže jsou popsány metody, které pomáhají odstranit plýtvání.

4.3.1 Metoda 5S

Tato metoda, která byla vynalezena v Japonsku, zahrnuje řadu činností, které mají za účel odstranit plýtvání a zbytečné ztráty. Důsledkem je minimalizace chybných výkonů, vad i pracovních úrazů. Tato technika je týmově zaměřená na neustálé zlepšování procesů v podniku. [10]

1. Separovat

Začne se tím, že se roztřídí a oddělí to, co je ve výrobním provozu nezbytné ke každodennímu výkonu práce, tedy to, co přidává hodnotu od toho, co se používá zřídka, nebo se nepoužívá vůbec. Položky, které jsou zřídka používané, se označí červeně a odstraní se z pracoviště. [10]

2. Systematizovat

Každému dílu či nástroji se určí trvalé místo, a to v pořadí dle důležitosti pro práci obsluhy. Nejdůležitější a běžně používané nástroje má pracovník ihned po ruce, aby na ně nejsnáze dosáhl. [10]

3. Stále čistit

Dále je potřeba se postarat o čistotu, vše by mělo být čisté a v pořádku. Proces čištění často odhalí nenormální podmínky a předhavarijní stavy, jež by mohly ohrozit jakost nebo poškodit samotný stroj. [10]

4. Standardizovat

Následně se vytvoří postupy či systém umožňující udržovat a průběžně sledovat první tři kroky metody. [10]

5. Sebedisciplinovanost

Posledním krokem je vytvořit návyk, jehož cílem je udržení stabilizovaného pracoviště s trvalým procesem neustálého zlepšování. [10]



Obrázek 9: Metoda 5S [1]

4.3.2 OEE (Overall Equipment Effectiveness)

Nástroj OEE slouží jako kvantitativní ukazatel efektivnosti výrobních zařízení poskytující měřitelné srovnání efektivnosti jednotlivých výrobních zařízení i celých výrobních podniků. Výhodou tohoto nástroje je, že zohledňuje jak celkový disponibilní čas strojního zařízení, tak i jeho skutečnou rychlost a kvalitativní úroveň produkce. [12]

Výpočet ukazatele OEE je dán součinem dostupnosti, rychlosti a úrovně produktové kvality, jak je vidět ve výpočtu níže. [12]

$$OEE = D * R * Q$$

4.3.3 SMED (Single Minute Exchange of Dies)

Tato metoda snižuje čas mezi dokončením posledního kusu stávajícího typu produkce a vyrobením prvního kusu produkce, která následuje. Výsledkem je snaha zkrátit čas přestavby při vypnutí stroji na minimum za pomoci předem definovaného systematického postupu. Více o metodě SMED v kapitole Systém SMED. [2]

5 Seřizování a výměna nástrojů

Ve výrobě často přehlížené seřizování a výměna nástrojů jsou brány jako režijní činnosti, kde nelze hledat významné zdroje pro snižování nákladů. Tento tradiční přístup ke změnám a seřizování je postaven na těchto předpokladech:

- seřizování je nutným zlem,
- na výměny a seřizování se nekoncentruje taková pozornost jako na hlavní operace,
- doba změn a seřizování se důsledně neměří a nevyhodnocuje,
- seřizovat může jenom pracovník s dlouhodobou praxí a kvalifikací. [5]

5.1 Čas seřizování

Čas přestavby neboli čas seřízení je takový časový úsek, který je započat od ukončení výroby posledního kusu. Zahrnuje tedy čas na odstranění starého náradí a přípravků, nastavení nového náradí, nastavení a doladění parametrů procesů až po výrobu prvního dobrého kusu. [5]



Obrázek 10: Obecný postup přestavby [5]

Seřízení strojů a nástrojů včetně jejich výměny je velmi komplexní proces. Tyto procesy jsou podmíněny typem operace a typem zařízení, které je využíváno. Obecně lze říci, že nejprve je připraven a kontrolován jak materiál, tak i nástroj. Což přibližně zabere 30 % z celkového času. Dále je prováděna montáž a výměna nástrojů, která zabere 5 % času. Vlastní seřízení rozměrů a seřízení polohy nástrojů zabere v průměru 15 % času. Nakonec se zkouší a následně upravuje správnost nastavení stroje a nástrojů. Tato poslední operace zabere v průměru 50 % z celkového času seřizování. [11]

Prvním a tradičnějším řešením, jak uspořít čas a náklady na seřízení strojů a výměnu nástrojů, je zvětšit počet kusů v dávce. Pro tradiční způsob, kdy seřizování je nutným zlem, je zvyšování dávky nejjednodušší a nejefektivnější cesta, jak minimalizovat nežádoucí efekty doby seřizování a změn. [11]

V současných podmínkách, kdy výroba musí pružně reagovat na poptávku trhu, je tradičnější přístup zastaralý. Naopak dnes jsou podniky nuceny projektovat a zavádět výrobní a pracovní systémy na tzv. jednokusovou zakázku neboli přístup one piece flow. [11]

Plýtvání při změnách a seřizování nástrojů

Při změnách a seřizování se zejména jedná o plýtvání časem, o který je poté prostoj stroje či zařízení delší. Příklady zjevného plýtvání dle Mašina [11]:

- transport nástrojů po zastavení stroje,
- hledání dílů a náradí,
- drobné opravy na novém nástroji až v průběhu změny,
- zbytečná chůze,

- pozorování práce druhého pracovníka,
- příprava prostoru po zastavení stroje. [11]

Vedle zjevného plýtvání ještě existuje plýtvání skryté. Jedná se o např. utahování šroubů, nastavování pracovních výšek a podobně. [11]

Plýtvání vzniká už při přípravě na změnu, kdy se jedná např. o hledání a nalezení vlastních nástrojů a pomůcek, hledání kontrolních přípravků, kontrola specifikací a pracovních postupů v době výměny. Dále plýtvání vzniká při vlastní montáži a demontáži. Povolování a utahování šroubů s mnoha závity, odstraňování a vkládání podložek, demontáž a montáž skluzů a dopravníků to vše je plýtvání. Další operace, kdy dochází k plýtvání, je doseřizování a zkoušení správnosti nastavení stroje. Tento druh plýtvání je často doprovázen i nadměrným plýtváním materiálem pro zkušební pokusy. Poslední úsek, kde vzniká plýtvání, je při čekání na zahájení výroby, kdy seřizovaný stroj čeká na možnost vyrábět. [11]

5.2 Systém SMED

Systém SMED je systematický proces minimalizace časů přestavby pracoviště mezi výrobou dvou po sobě následujících různých typů výrobků. Single Minute Exchange of Dies zkráceně SMED, byl vyvinut ve výrobním systému Toyoty. [11]

Systém se zaměřuje na zvýšení míry využití strojů, snížení průběžné doby výroby a snížení počtu chyb při seřizování. Tento systém umožňuje pomocí organizačních a technických opatření realizovat v praxi snížení časů prostojů v průměru na 1/50 původní doby bez růstu velikosti dávky. Další přínos, který tento systém dosáhne, je zajištění rychlého přechodu z jednoho typu výrobku na druhý. Tímto je umožněna výroba v malých dávkách, která znamená vyšší pružnost, nižší rozpracovanost výroby a kratší průběžnou dobu ve výrobě. [11]

5.2.1 Využití systému SMED

Seřizování může být chápáno jako všechny činnosti spojené s přípravou realizace určitého, ne tedy jako čistě výrobní záležitost. Libovolný proces může být např. zpracování objednávky zákazníka, objednání materiálu, technická příprava výroby. Metoda SMED se obvykle využívá na místech, které jsou úzkými místy. [5]

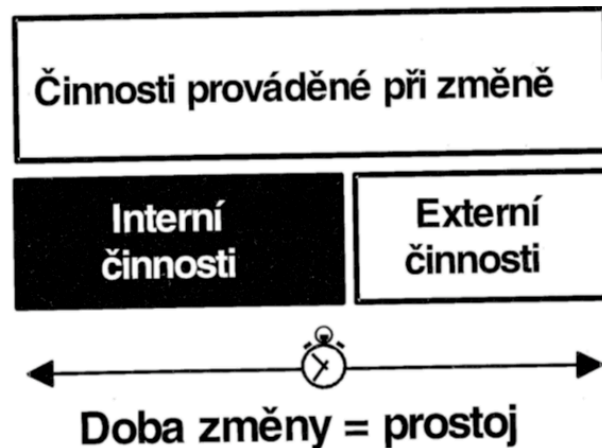
Obecně lze říci, program redukce času na seřizování, je aktuální všude tam, kde se seřizování provádí často a seřizovací časy představují významné ztráty z kapacity stroje či linky. [9]

5.2.2 Základní koncepce systému SMED

Níže bude popsán základní princip při redukcí množství času na seřizování.

1. krok

Oddělení činností prováděných při změně na interní a externí činnosti. Interní operace jsou takové, které mohou být prováděny pouze v případě zastavení stroje. Tyto operace zahrnují např. vlastní seřizování nástroje, matrice či zápustek. Naopak externí operace zahrnují např. dopravu materiálu do skladu a přípravu nástroje u stroje. Tyto operace mohou být provedeny i při chodu samotného stroje. [11]



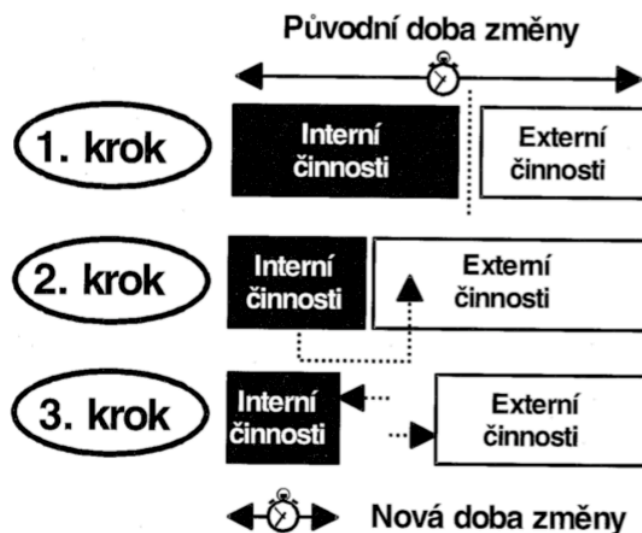
Obrázek 11: Rozdělení na interní a externí činnosti [11]

2. krok

Převedení co nejvíce interních činností na externí činnosti, u kterých je možné provádět operace i za chodu stroje. Samotná inverze interních činností na externí se provádí analýzou procedur, které jsou jinak prováděny po zastavení chodu stroje. [11]

3. krok

Závěrečným krokem je detailní analýza jednotlivých operací a následné zkracování doby změny. Při tomto kroku se můžeme u externích operací zaměřovat např. na procesy přípravy a transportu nástrojů. V případě interních operací se zaměřujeme na rychlejší způsoby upevnování nástrojů, zkracování zkušební doby, standardizaci dílů a eliminaci činností. [11]



Obrázek 12: Systém SMED [11]

5.2.3 Hlavní zásady při aplikaci systému SMED

Níže jsou vypsány hlavní zásady při aplikaci rychlých změn dle Košturiaka [5]:

- standardizovat akce externího seřízení,
- standardizovat stroje,
- využít rychlé upínače,

- využít doplňkové nástroje, které budou seřízené v přípravku,
- vytvořit víceprofesní týmy na řešení rychlých změn,
- automatizovat proces seřízení. [5]

5.2.4 Přínosy SMED

Největším přínosem po zavedení metody SMED je radikální redukce času na seřízení. Dle Košturiaka [9] zkušenosti ukazují dosažení 2,5 % z časů seřízení před aplikací programu rychlých změn. Obecně lze říci, analýzou procesů a systematickým redukováním času na seřízení vede k všeobecnému zlepšení výrobního procesu. Tato analýza vede k eliminaci ztrát kapacity stroje, a to má za následek snížení průběžné doby výroby. [5]

V neposlední řadě aplikací systému SMED se sníží počet chyb při seřizování a tím se zvýší bezpečnost práce. Toto snížení počtu chyb při seřizování vede ke zlepšení jakosti výrobků. [5]

5.2.5 Omezení a rizika SMED

Metoda SMED přes velké přínosy přináší i určitá rizika. První riziko může vzniknout už při špatném výběru operací, které se například vykonávají zřídka, či špatném výběru stroje, který není úzkým místem. V tomto případě by neměla metoda SMED takový účinek na výrobní proces. [5]

Další riziko vzniká při příliš nízkých cílech zkrácení času seřízení. Příkladem může být zkracování seřizovacích časů ročně o 5 až 10 % několik let za sebou. Tento proces je příliš zdlouhavý a je ho potřeba radikálně zrychlit. [5]

Existují zařízení, kde jsou technické limity, které není možné překonat. Další redukce času by vyžadovala rozsáhlou technickou změnu zařízení. [5]

Další riziko při implementaci metody SMED je takové, že se zkrácení dosáhne jen během workshopu, aniž by se daný proces následně standardizoval či vyhodnocoval. Výsledky, které se na workshopu demonstrovaly, nejsou následně dosaženy v reálném procesu. [5]

A v poslední řadě, když do redukce času nejsou zapojeni přímo lidé z daného procesu, je akceptace navrhovaných změn v každodenní praxi nízká. [5]

6 Představení společnosti Strojírna Soběslav, s. r. o.

6.1 Historie společnosti

Strojírna Soběslav, s. r. o. byla založena 1. dubna 1994 v prostorách bývalé slévárny LADA Soběslav. Na počátcích firma zaměstnávala 7 zaměstnanců, kteří pracovali na vyřazených horizontálních vyvrtávačkách z Německa. Celková výroba byla zaměřena výhradně na výrobu mechanických dílů pro jedoučelové obráběcí stroje, přičemž zadavatelem byla firma Werag GmbH. [17]



Obrázek 13: Budova Strojírny Soběslav [17]

Rok 1998 byl pro Strojírnu Soběslav plný změn, jelikož na firmu Werag GmbH byl nečekaně vyhlášen konkurs a Strojírna utrpěla značnou ekonomickou ztrátu. Byla zahájena dlouhodobá spolupráce se společnostmi Mauser Werke Oberndorf Maschinenbau GmbH, INA – Schaeffler KG, KHP kovoengineering. [17]

V roce 2000 byly prostory, které měla Strojírna pouze pronajaté, zakoupeny do osobního vlastnictví. Počet zaměstnanců čítal 20 pracovníků. Tento počet se postupně navyšoval a v roce 2007 bylo zaměstnáno okolo 50 zaměstnanců. V tomto roce také proběhla významná rekonstrukce výrobních a administrativních prostor, která zlepšila nejen výrobní efektivitu, ale také pracovní prostředí. [17]



Obrázek 14: Logo Strojírny Soběslav [17]

V rámci evropských projektů byla zakoupena v roce 2012 první CNC horizontální vyvrtávačka a v následujících třech letech modernizace strojního parku pokračovala. Zakoupeny byly další tři CNC horizontální vyvrtávačky a 3 D měřicí stroj Zeiss, který umožňuje vydávání měřících protokolů v několika jazycích. [17]

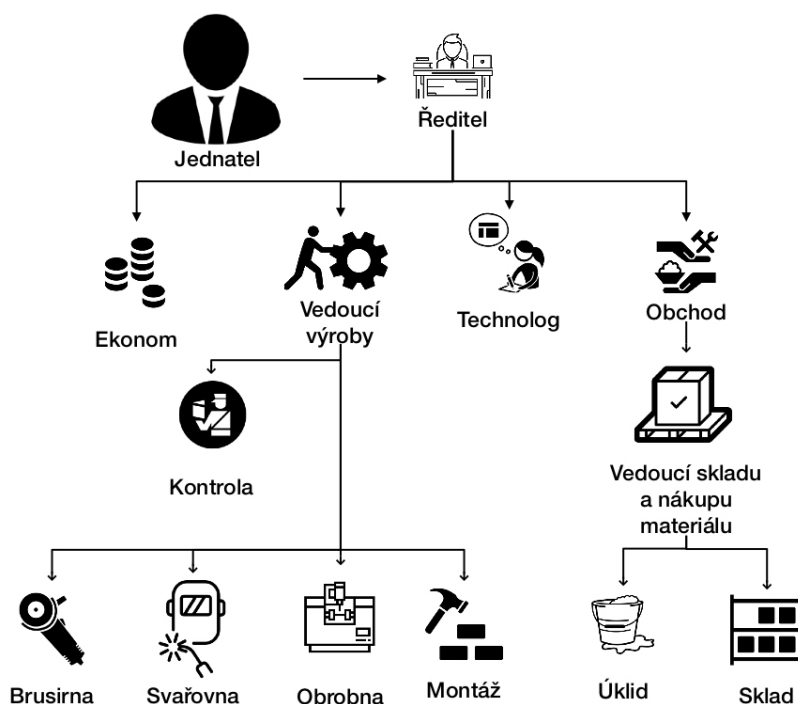
Strojírna Soběslav tedy postupně přešla od obrábění na ručně řízených horizontálních vyvrtávacích k obrábění na CNC strojích. Tato restrukturalizace strojového parku umožnila navázat spolupráci například s následujícími firmami:

- Kovosvit MAS Sezimovo Ústí,
- ZVVZ Milevsko,
- TOS Varnsdorf,
- Těžké Strojírenství Plzeň,
- Slévárna Zlín a
- Tajmak Zlín. [17]

V průběhu své existence se efektivita Strojírny měnila, a to v důsledku postupné modernizace obráběcích strojů. V počátcích bylo k výrobě zapotřebí více zaměstnanců než je tomu dnes. Výroba byla složitější na starých strojích a dokončovací práce se prováděly na bruskách. Nao-pak v současné době je dosaženo vyšší efektivitě s nižším počtem zaměstnanců, tj. 40. Tento nárůst efektivitě přinesly výkonnější CNC horizontální vyvrtávačky. [17]

6.2 Organizační struktura

Na následujícím obrázku 15 je patrná organizační struktura společnosti. Nejvýše postavený je jednatel společnosti, který dohlíží na činnost ředitele. [3]



Obrázek 15: Organizační struktura společnosti [3]

Dělník ve výrobě

Tato práce se dále zaměří na analýzu pracoviště, které se nachází v obrobně. Hlavní náplní dělníka, který je na tomto pracovišti umístěn, je samostatná práce dle výrobní dokumentace a nepřetržitá kontrola provedené práce. Každý den také provádí údržbu svého pracoviště a všechnu svoji práci zapisuje do pracovního listu, který následně na konci své pracovní doby odevzdá. Podřízen je vedoucímu výroby. Dle pracovního a technologického postupu, případně

dle pokynů vedoucího výroby a technologa, provádí s kontrolorem mezioperační kontroly vyráběných dílců. [17]

Dělník by měl splňovat následující kvalifikační předpoklady Strojírny Soběslav:

- vzdělání: vyučen,
- odborná praxe: 2 roky (není podmínkou),
- jiné dovednosti: jeřábnický průkaz (není podmínkou). [17]

6.3 Strojový park

Strojírna Soběslav disponuje dvěma výrobními halami. Přičemž obě jsou dále rozděleny na další dva sektory. První výrobní hala se skládá ze sektoru určeného pro třískové obrábění a sektoru pro svařování a vypalování. Ve druhé výrobní hale se rovněž nachází stroje pro třískové obrábění a také prostor pro finální montáž strojních částí. [3]

Strojový park 1. výrobní haly je následující:

- 4 CNC horizontální vyvrtávačky,
- 1 radiální vrtačka,
- 1 horizontální vyvrtávačka. [3]

Strojový park 2. výrobní haly:

- 1 horizontální bruska,
- 2 CNC soustruhy,
- 2 CNC vertikální obráběcí centra. [3]

6.4 Charakteristika produktu

Strojírna Soběslav se zabývá zakázkovou a malosériovou výrobou strojů a strojních dílů. Přičemž zde probíhá jak samotná výroba, tak i finální montáž strojních celků, včetně lakování a elektroinstalace. Největší zákazníci pochází z Německa, České republiky a Slovenské republiky. Polotovary jsou buď přidány přímo do výroby nebo před vlastním obráběním putují ve formě desek na vypalování, kde probíhá vypálení oceli dle zadaného tvaru. Vlastní výroba probíhá hlavně na CNC horizontálních vyvrtávačkách, kde lze obrábět polotovary do délky 4,5 metrů, výšky 2,6 metrů a hloubky 1,7 metrů. Firma se nezabývá jen obráběním materiálu, ale též také vypalováním, svařováním, broušením, řezáním a mechanickým zpracováním. Finální produkt je po vyhotovení expedován autodopravou k zákazníkovi. [17]



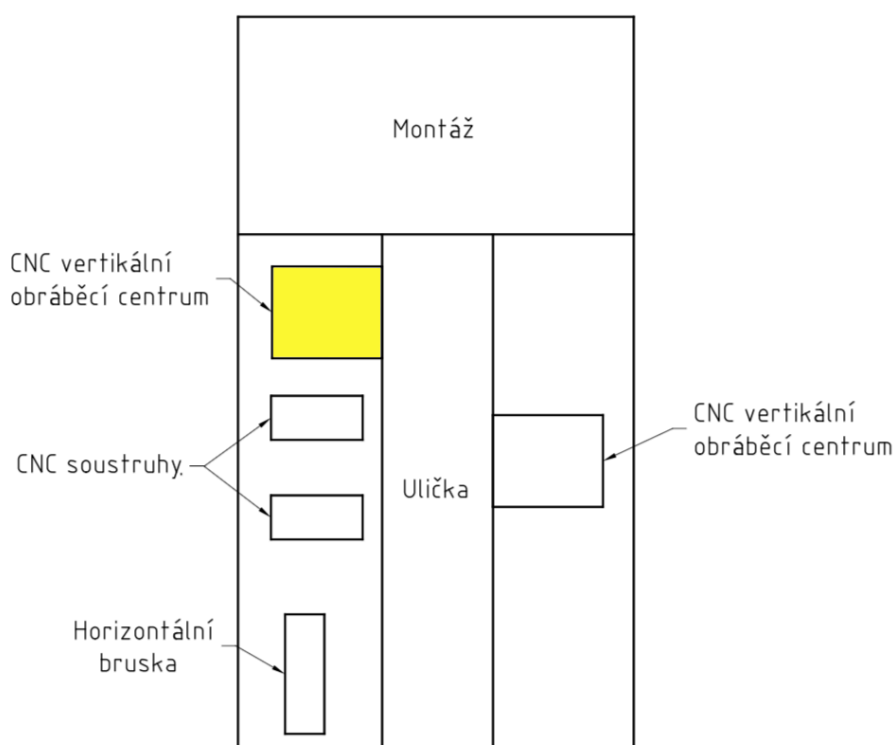
Obrázek 16: Ukázka hotových výrobků [17]

7 Analýza procesu

Další část práce se bude zabývat analyzováním vybraného pracoviště a následně aplikací metody SMED ke zjištění interních, externích a ztrátových časů. Provedením této metody bude zjištěno případné plýtvání na pracovišti.

7.1 Popis vybraného pracoviště

Pracoviště, které bylo zvoleno pro analyzování, se nachází ve 2. výrobní hale, která již byla popsána v textu výše. Umístění pracoviště v rámci této haly je patrné na následující obrázku číslo 17. Zvolené pracoviště je ve schématu vyznačeno žlutou barvou a je umístěno v blízkosti montážního úseku a CNC soustruhu.



Obrázek 17: Umístění analyzovaného pracoviště ve 2. výrobní hale

Popis analyzovaného pracoviště

Pro analýzu bylo vybráno pracoviště s CNC vertikálním obráběcím centrem AWEA BM - 1 600, které bylo vyrobeno v Taiwanu. Rozloha pracoviště činí 50,5 m². Do tohoto rozměru je započítána i ulička pro průchod zaměstnanců a prostor pro odkládání hotových výrobků. Na pracovišti se nachází vlastní obráběcí centrum, dvě dílenské skříně a dřevěný odkládací prostor. Pro pohodlnější přístup ke stroji je přistaveno dřevěné pódium. Vybrané pracoviště je patrné na následující obrázku číslo 18.



Obrázek 18: Pracoviště s CNC vertikálním obráběcím centrem AWEA BM -1600

Jak již bylo zmíněno, obrábění zabezpečuje CNC vertikální centrum. Toto víceúčelové tříosé centrum dokáže obrábět malé a středně velké obrobky do délky 1 600 mm a šířky 800 mm. Ovládání zabezpečuje programovací panel, který disponuje řídicím systémem Heidenhain.

Bližší údaje o stroji jsou uvedena na identifikačním štítku, který je umístěn na zadní části stroje. Obsahem tohoto štítku je například označení modelu, datum výroby, hmotnost či otáčky vřetena v minutách.

 AWEA MECHANTRONIC CO., LTD. 629, Suezhetou Section, Kwanpu Rd., Hsinpu Town, Hsinchu County, Taiwan TEL: 886-3-5885191 FAX: 886-3-5885194  MADE IN TAIWAN	Modello	BM-1600
	Matricola No.	6086
	Anno Di Fabbricazione	MAR-2007
	Peso	16000 kg
	Velocità mandrino	6000 giri/min
	Tensione	400 V
	Potenza	40 kVA
	Frequenza	50/60 Hz
	Fase	3 Ø
	Sezione cavo	12 mm ²

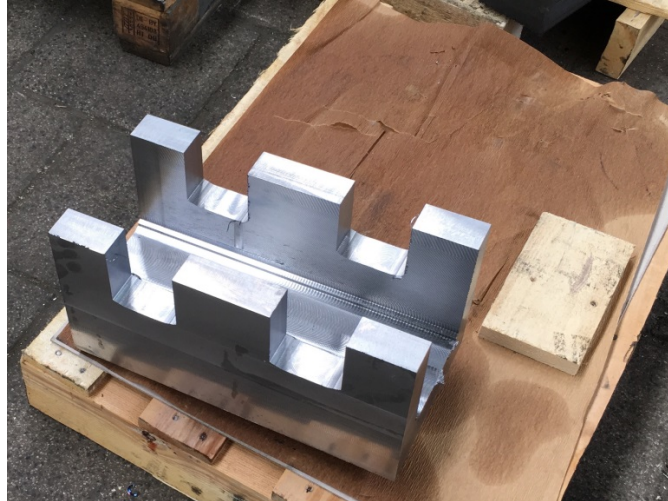
Obrázek 19: Identifikační štítek CNC obráběcího centra AWEA BM -1600

7.2 Popis procesu

Strojárna Soběslav vyrábí na dvousměnný 7,5 hodinový provoz. Jak již bylo zmíněno v kapitole 6.4 Charakteristika podniku, firma se specializuje na malosériovou zakázkovou výrobu, a to obnáší určitá specifika. Ve většině případů obráběcí stroje produkují od dvou do šesti stejných výrobků. Poté se daný stroj musí opět přenastavit. Dalším specifikem je, že program pro obrábění si tvoří samotná obsluha stroje a ve většině případů ho tedy nevytváří programátor. Programování v CAD softwaru je zapotřebí pouze v případě velmi složitých výrobků.

Na začátku každé pracovní doby je dělníkovi přiřazena práce a přidělena příslušná dokumentace. Poté si pracovník pomocí paletového zvedáku převezve obrobky na své pracoviště.

Na obrázku 20 je zachycen obrobek, který byl v analyzovaných směnách obráběn. Jedná se o součást výrobní linky, která je vyráběná Strojírnu Soběslav.



Obrázek 20: Obrobek před zahájením obrábění

Před samotným ustavením obrobku na stůl stroje je pracoviště vyčištěno pomocí vzduchu, následně jsou odstraněny upínky po předešlém výrobku a potom důkladně otřeno látkovou utěrkou. Poté je obrobek zvednut pomocí jeřábu a ze spodu očištěn brusným kamenem a utěrkou. Následně jsou začištěny hrany obrobku univerzálním srážecím hran.

Po ustanovení obrobku na stůl jsou přidány dorazy a upínky. Vše je utaženo oboustranným maticovým klíčem. Dále je na programovacím panelu vyvolána obrobková sonda, proběhne výměna nástroje za tuto sondu a následné měření. Dělník po měření vloží nulové souřadnice do programu.



Obrázek 21: Ustavování obrobku

V případě že se obrábí první obrobek, přichází po měření na řadu programování první operace v systému Heidenhain podle přiložené výkresové dokumentace. Vytvořený program se poté zkontroluje pomocí simulace v systému. Následně proběhne samotné obrábění obrobku. Po skončení se naprogramuje další operace a obrábění proběhne znovu. Tento proces se opakuje, dokud nejsou splněny všechny operace podle výkresové dokumentace.

Po dokončení všech operací dle výkresové dokumentace se pomocí vzduchu očistí jak stůl stroje, tak i samotný hotový výrobek. Následuje kontrolní přeměření rozměrů výrobků posuvným či jiným měřidlem. Poté je provedeno povolování matic na upínkách oboustranným maticovým klíčem a následně odstranění upínek.


Jeřábem je hotový výrobek vyzvednut z pracovního stolu a následně dělníkem očištěn látkovou utěrkou. V konečné fázi výrobního procesu dělník přenesení výrobek na připravenou paletu.

7.3 Vyhodnocení aktuálního stavu

Snímkování pracoviště v podniku Strojírna Soběslav bylo prováděno dne 12. 3. 2018 a to od 6:00 hodin do 14:30 hodin. Celkem byly zaznamenány tři výměny obrobku. Přičemž zaměstnanec vybraného pracoviště byl obeznámen s tím, že bude snímkování provedeno a zároveň mu byl sdělen účel analýzy pracoviště.

Výměny obrobku byly nahrávány na kameru a poté byl získaný záznam analyzován a zpracován. V Microsoft Excel byl vytvořen formulář, do kterého byly zaznamenány všechny činnosti dělníka na pracovišti. Zapisován byl vždy začátek a konec určité činnosti ve formě časového údaje. Následně byla vypočítána doba trvání a činnosti byly rozděleny na interní, externí a ztrátové. Toto členění se řídilo metodikou SMED, jejíž pravidla pro rozdělení činností byla popsána v kapitole věnované této metodě. Nakonec byly získané časové údaje sečteny, aby byl zjištěn celkový čas výměny a také celkový interní, externí a ztrátový čas.

Činnosti, které probíhaly déle než 1 minutu, byly ve sloupci „Doba trvání“ zvýrazněny červenou barvou k dosažení vyšší přehlednosti dat.

	Datum	12.03.18	Celkový interní čas	0:00:00
	Stroj	CNC vertikální obráběcí centrum AWEA 1600	Celkový externí čas	0:00:00
	Výrobek	Wagen	Celkový ztrátový čas	0:00:00
	Řešitel	Michal Černý	Celkový čas	0:00:00
	Výměna			


Začátek	Konec	Doba trvání Int./Ext./Ztr.	Popis činnosti	Poznámky

Tabulka 1: Vytvořený formulář pro analýzu pracoviště metodou SMED

Analýza první výměny

Celkový čas trvání první výměny byl 2 hodiny 4 minuty a 41 sekund. Činnost, která významně ovlivnila první výměnu obrobku, byl úklid pracoviště po předešlém výrobku. Celkem tento úkon pracovníkovi trval 41 minut a jednalo se především o úklid svěraku, dorazů a odstranění přípravku z pracovního stolu. Další výraznou činností, která se v první výměně projevila, bylo vytváření nového programu, které pracovníkovi trvalo 24 minut.

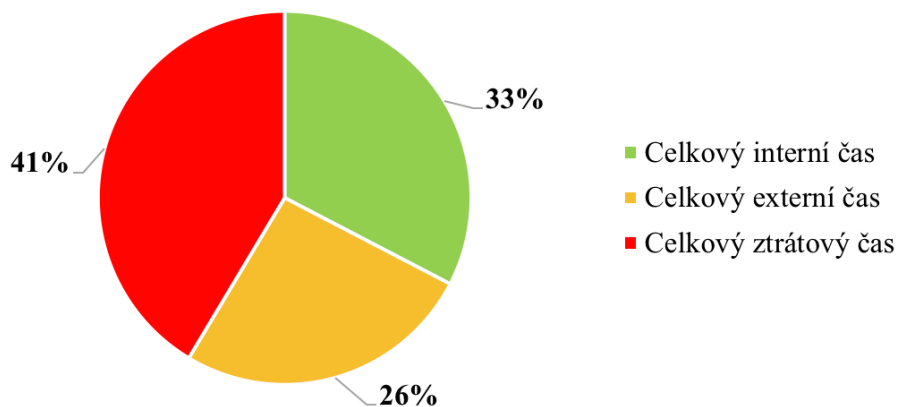
V následující tabulce číslo 2 jsou uvedeny zaznamenané činnosti, které byly pozorovány u první výměny. Tabulka v plné podobě, tj. se všemi popsány činnostmi dvouhodinové výměny, je přiložena jako příloha č. 1 z důvodu její nadměrné délky.

	Datum	12.03.18	Celkový interní čas	0:40:41
	Stroj	CNC vertikální obráběcí centrum AWEA 1600	Celkový externí čas	0:32:22
	Výrobek	Wagen	Celkový ztrátový čas	0:51:38
	Řešitel	Michal Černý	Celkový čas	2:04:41
	Výměna	1.		

Začátek	Konec	Doba trvání	Int./Ext./Ztr.	Popis činnosti	Poznámky
0:00:00	0:00:17	0:00:17	Interní	vyfoukání výrobku	
0:00:17	0:00:24	0:00:07	Interní	očištění výrobku brusným kamenem	
0:00:24	0:01:04	0:00:40	Ztráta	chůze pro jeřáb s magnetem	
0:01:04	0:01:24	0:00:20	Interní	povolování svěráku	
0:01:24	0:02:15	0:00:51	Interní	přenesení výrobku na paletu pomocí jeřábu	
0:02:15	0:02:35	0:00:20	Ztráta	konverzace s kolegou	
0:02:35	0:02:58	0:00:23	Externí	čištění magnetu pro jeřáb	
0:02:58	0:03:33	0:00:35	Ztráta	konverzace s kolegou	
0:03:33	0:04:28	0:00:55	Interní	čištění stolu pomocí smetáku	
0:04:28	0:04:45	0:00:17	Ztráta	konverzace s kolegou	
0:04:45	0:04:55	0:00:10	Interní	utahování svěráku	
0:04:55	0:05:07	0:00:12	Interní	přejetí stolem	
0:05:07	0:05:12	0:00:05	Interní	vyfoukání stolu	
0:05:12	0:05:59	0:00:47	Ztráta	konverzace s kolegou	
0:05:59	0:07:04	0:01:05	Interní	povolování matic na přípravku	
0:07:04	0:07:13	0:00:09	Interní	vyfoukání stolu	
0:07:13	0:08:30	0:01:17	Interní	povolování matic na přípravku	

Tabulka 2: Částečný záznam činností a analýza první výměny

Na grafu číslo 1 je zobrazeno procentuální vyjádření interních, externích a ztrátových časů. Jak je z grafu patrné celkový ztrátový čas u první výměny činil 41 % celkového času. Tato skutečnost byla způsobena zejména nadměrnou chůzí pracovníka, a to jednak přímo po pracovišti, ale také mimo něj.



Graf 1: Zastoupení časů dle metody SMED v první výměně

Analýza druhé výměny

U druhé výměny oproti první nebylo zapotřebí programování a příprava dorazů, tudíž proběhla značně rychleji. Celkový čas této výměny činil 21 minut a 35 sekund.

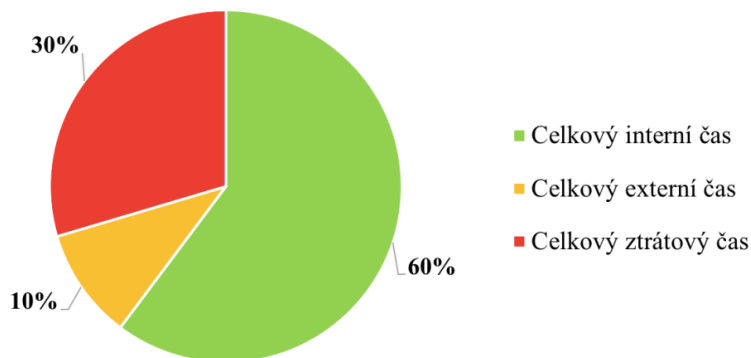


Datum	12.03.18	Celkový interní čas	0:13:00
Stroj	CNC vertikální obráběcí centrum AWEA 1600	Celkový externí čas	0:02:12
Výrobek	Wagen	Celkový ztrátový čas	0:06:23
Rešitel	Michal Černý	Celkový čas	0:21:35
Výměna	2.		

Začátek	Konec	Doba trvání	Int./Ext./Ztr.	Popis činnosti	Poznámky
0:00:00	0:00:12	0:00:12	Externí	přenesení výrobku pomocí jeřábu	
0:00:12	0:00:36	0:00:24	Externí	sražení hran obrobku	
0:00:36	0:01:04	0:00:28	Externí	očištění obrobku brusným kamenem	
0:01:04	0:01:15	0:00:11	Externí	očištění obrobku látkovou utěrkou	
0:01:15	0:02:05	0:00:50	Interní	očištění stolu pomocí látkové utěrky	
0:02:05	0:02:17	0:00:12	Interní	očištění stolu brusným kamenem	
0:02:17	0:02:51	0:00:34	Interní	přenesení výrobku na stůl stroje pomocí jeřábu	
0:02:51	0:03:17	0:00:26	Interní	přesun jeřábu pryč z pracoviště	
0:03:17	0:03:24	0:00:07	Interní	čištění dorazů	
0:03:24	0:03:40	0:00:16	Interní	dorážení obrobku na dorazy	
0:03:40	0:04:01	0:00:21	Interní	utahování šroubů na upínkách	
0:04:01	0:04:55	0:00:54	Interní	oprava upínek	
0:04:55	0:05:24	0:00:29	Interní	utahování matic na upínkách	
0:05:24	0:05:38	0:00:14	Interní	posun stolu stroje	
0:05:38	0:06:10	0:00:32	Interní	výměna nástroje za sondu	
0:06:10	0:09:10	0:03:00	Interní	měření pomocí sondy	
0:09:10	0:09:30	0:00:20	Interní	Měření posuvným měřidlem	
0:09:30	0:09:39	0:00:09	Externí	čtení výkresové dokumentace	
0:09:39	0:09:47	0:00:08	Ztráta	chůze po pracovišti	
0:09:47	0:10:09	0:00:22	Interní	posun stolu stroje	
0:10:09	0:11:41	0:01:32	Interní	měření pomocí sondy	
0:11:41	0:12:10	0:00:29	Interní	výměna nástroje	začátek obrábění
0:12:10	0:12:24	0:00:14	Interní	povolování šroubů na upínkách	dokončení 2. výrobku
0:12:24	0:17:13	0:04:49	Ztráta	opuštění pracoviště za jiným účelem	odchod pro další obrobky
0:17:13	0:17:37	0:00:24	Interní	vyfoukání výrobku	
0:17:37	0:17:53	0:00:16	Interní	měření posuvným měřidlem	
0:17:53	0:18:23	0:00:30	Interní	povolování matic na upínkách	
0:18:23	0:18:48	0:00:25	Interní	odstraňování upínek	
0:18:48	0:20:14	0:01:26	Ztráta	odchod z pracoviště pro jeřáb	
0:20:14	0:20:47	0:00:33	Interní	přenesení výrobku pomocí jeřábu	
0:20:47	0:20:57	0:00:10	Externí	očištění výrobku látkovou utěrkou	
0:20:57	0:21:35	0:00:38	Externí	přenesení výrobku na paletu pomocí jeřábu	

Tabulka 3: Záznam činností a analýza druhé výměny

Na grafu číslo 2 níže je viditelné nižší zastoupení ztrátového času oproti první výměně a sice 30 %. Ovšem stále se jedná o vysoké zastoupení ztrát v celkovém čase výměny.



Graf 2: Zastoupení časů dle metody SMED ve druhé výměně

Analýza čtvrté výměny

Analýza čtvrté výměny byla upřednostněna před výměnou třetí. Důvodem tohoto rozhodnutí je pozorování vývoje času činností, kdy výměna obrobku proběhne již po několikáté a předpokladem je časová stabilizace.

Jak bylo předpokládáno, u čtvrté výměny je opravdu stabilizace času zřetelná. Celkový změřený čas v tomto případě činil 19 minut a 41 sekund.

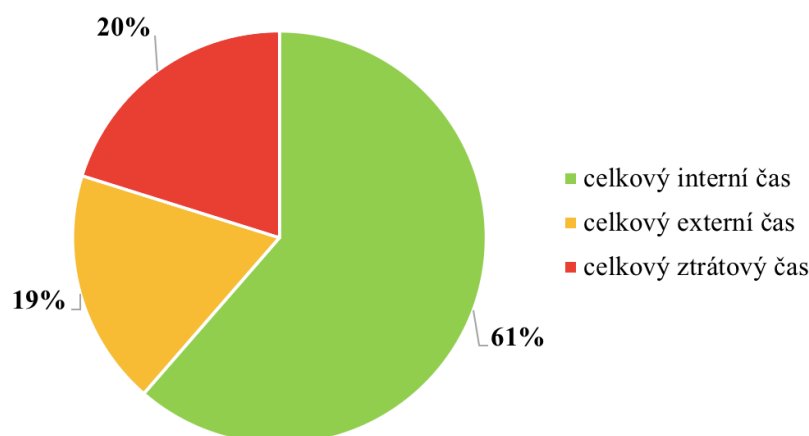


Datum	12.03.18	celkový interní čas	0:12:05
Stroj	CNC vertikální obráběcí centrum AWEA 1600	celkový externí čas	0:03:38
Výrobek	Wagen	celkový ztrátový čas	0:03:58
Řešitel	Michal Černý	celkový čas	0:19:41
Výměna	4.		

Začátek	Konec	Doba trvání	Int./Ext./Ztr.	Popis činnosti	Poznámky
0:00:00	0:00:24	0:00:24	Externí	přenesení výrobku pomocí jeřábu	
0:00:24	0:00:50	0:00:26	Externí	očistění obrobku brusným kamenem	
0:00:50	0:01:17	0:00:27	Externí	sražení hran obrobku	
0:01:17	0:02:04	0:00:47	Externí	očistění obrobku látkovou utěrkou	
0:02:04	0:03:10	0:01:06	Interní	přenesení výrobku na stůl stroje pomocí jeřábu	
0:03:10	0:03:40	0:00:30	Interní	přesun jeřábu pryč z pracoviště	
0:03:40	0:04:44	0:01:04	Interní	příprava dorazů a upínek	
0:04:44	0:06:45	0:02:01	Ztráta	konverzace s kolegou	
0:06:45	0:07:14	0:00:29	Interní	utahování šroubů	
0:07:14	0:07:59	0:00:45	Ztráta	konverzace s kolegou	
0:07:59	0:08:35	0:00:36	Interní	výměna nástroje za sondu	
0:08:35	0:10:01	0:01:26	Interní	měření pomocí sondy	
0:10:01	0:10:24	0:00:23	Interní	utahování šroubů	
0:10:24	0:12:32	0:02:08	Interní	měření pomocí sondy	
0:12:32	0:13:06	0:00:34	Interní	výměna nástroje	
0:13:06	0:14:08	0:01:02	Interní	měření pomocí sondy	
0:14:08	0:14:17	0:00:09	Ztráta	chůze po pracovišti	
0:14:17	0:14:29	0:00:12	Interní	měření pomocí sondy	
0:14:29	0:14:44	0:00:15	Interní	výměna nástroje	
0:14:44	0:15:02	0:00:18	Interní	měření posuvným měřidlem	
0:15:02	0:15:10	0:00:08	Interní	výměna nástroje	začátek obrábění
0:15:10	0:15:53	0:00:43	Interní	vyfoukání výrobku	dokončení 4. výrobku
0:15:53	0:16:09	0:00:16	Interní	povolování matic na upínkách	
0:16:09	0:16:27	0:00:18	Interní	měření posuvným měřidlem	
0:16:27	0:16:57	0:00:30	Interní	odstraňování upínek	
0:16:57	0:17:04	0:00:07	Interní	vyfoukání výrobku	
0:17:04	0:18:07	0:01:03	Ztráta	chůze pro jeřáb	
0:18:07	0:18:32	0:00:25	Externí	přenesení výrobku pomocí jeřábu	
0:18:32	0:18:43	0:00:11	Externí	očistění obrobku látkovou utěrkou	
0:18:43	0:19:41	0:00:58	Externí	přenesení výrobku na paletu pomocí jeřábu	

Tabulka 4: Záznam činností a analýza čtvrté výměny

Předpoklad byl takový, že se zvyšujícím počtem vyrobených výrobků se ztrátový čas bude snižovat. Tento výrok se čtvrtou výměnou potvrdil a ztrátový čas klesl z přibližně 6 minut na 3 minuty a 58 sekund, tj. 20 % z celkového času.



Graf 3: Zastoupení časů dle metody SMED ve čtvrté výměně

7.4 Zaznamenané druhy plýtvání

Jak už bylo psáno v kapitole o plýtvání ve výrobě, lze do něho zařadit všechny činnosti, které výrobku nepřidávají žádnou hodnotu. Při snímkování pracoviště bylo zaznamenáno hned několik druhů tohoto plýtvání.

Pohyb

Samotný pohyb pracovníka byl nejčastějším druhem plýtvání, které bylo při pozorování všech výměn zaznamenáno. Tento pohyb byl dvojího typu a sice ve formě nadměrné chůze po pracovišti a dále po výrobní hale.

Příkladem přílišné chůze po pracovišti je rovnou první výměna. Po celou dobu zadávání programu pro obrábění, zaměstnanec přecházel pracoviště, aby mohl nahlížet do příslušné výkresové dokumentace, která je umístěna na druhé straně. Chůze mezi programovacím panelem a zásuvkovou skříní, kde má pracovník výkresy položeny, významně ovlivnila nárůst ztrátového času první výměny. Samotné programování trvalo 24 minut a chůze činila 1 minutu a 30 sekund, přičemž dělník přešel své pracoviště o délce čtyř metrů 22x.

Pohyb pracovníka po výrobní hale byl představován těmito činnostmi:

- převoz obrobků paletovým zvedákem,
- chůze pro jeřáb,
- opuštění pracoviště za jiným účelem (např. odchod na toaletu, k šatní skřínce).

Poměrně významnou ztrátovou operací byl převoz obrobků paletovým zvedákem, přičemž tato činnost tvořila 20 % celkových ztrát. Příčina tohoto jednání je, že k zahájení další výměny musí pracovník přejít do druhé výrobní haly, aby si zde pomocí zmíněného zvedáku vyzvedl obrobek a následně si jej dovezl na své pracoviště.

Další zjištěnou činností pracovníka byla chůze pro ovládací panel jeřábu, jelikož není umístěn v bezprostřední blízkosti jeho pracoviště. Odchod pro jeřáb představoval 9 % z celkového ztrátového času.

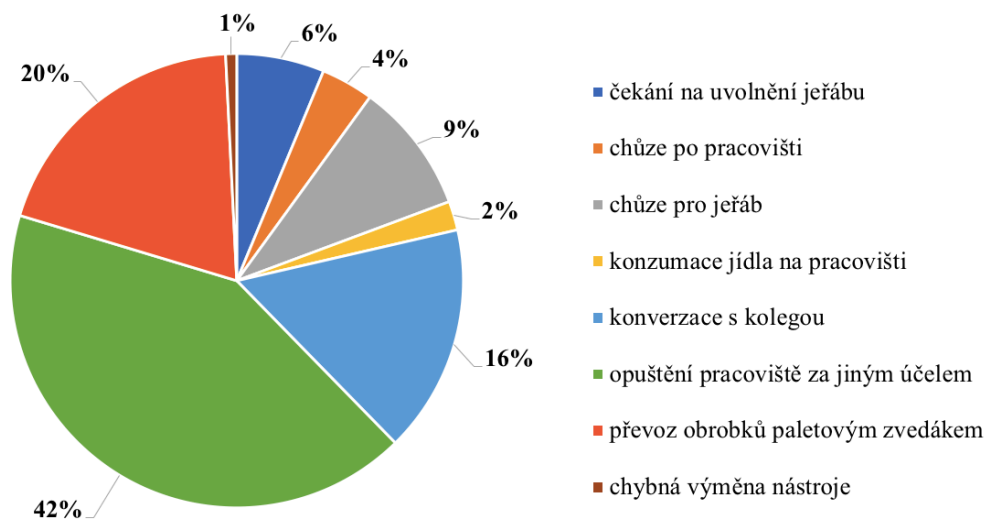
Jiné druhy plýtvání

Další činnosti, které pro výrobek nejsou přidanou hodnotou, nebyly již ve sledovaných výměnách zastoupeny v takové míře, jako tomu bylo v případě pohybu. Mezi ostatní druhy plýtvání bylo tedy zařazeno:

- konverzace s kolegou,
- čekání na uvolnění jeřábu,
- konzumace jídla na pracovišti,
- chybná výměna nástroje.

Do konverzace s kolegou byl při vyhodnocování zahrnut čas, při kterém pracovník nepřidával hodnotu výrobku, tedy nevěnoval se výhradně výrobě. Pokud však rozhovor vedl současně s vykonávanou prací, nebyl naměřený čas do ztrátových činností začleněn. Jak je z grafu číslo 4 patrné, tato činnost zaměstnance tvořila 16 % z celkového ztrátového času.

Celkem 6 % ztrát času je představováno čekáním pracovníka na uvolnění jeřábu. Tento problém je zapříčiněn tím, že ačkoli jsou k dispozici ve výrobní hale dva jeřáby, tak ve většině případů je jeden z nich přednostně určen pro potřeby montáže. Zaměstnanec analyzovaného pracoviště se tedy o zbývající jeřáb dělí s dalšími čtyřmi pracovišti.



Graf 4: Celkové ztrátové činnosti ve všech analyzovaných výměnách

8 Návrh na zlepšení

V této kapitole budou uvedeny návrhy ke zlepšení zjištěného stavu analyzovaného pracoviště. Představeny budou návrhy, které doporučí nový postup výroby, uspořádání pracoviště a také zlepšení vybraných operací.

8.1 Navržení nového postupu výroby

Nové postupy výroby budou navrženy zvláště pro první a druhou výměnu. Důvodem je, že první výměna se oproti druhé v mnohém liší – obsahuje navíc programování, přípravu upínek a dorazu a v neposlední řadě také úklid pracoviště od předešlého výrobku. Druhá výměna bude porovnána se čtvrtou a na základě tohoto srovnání se vytvoří nový postup výroby druhé až x-té výměny.

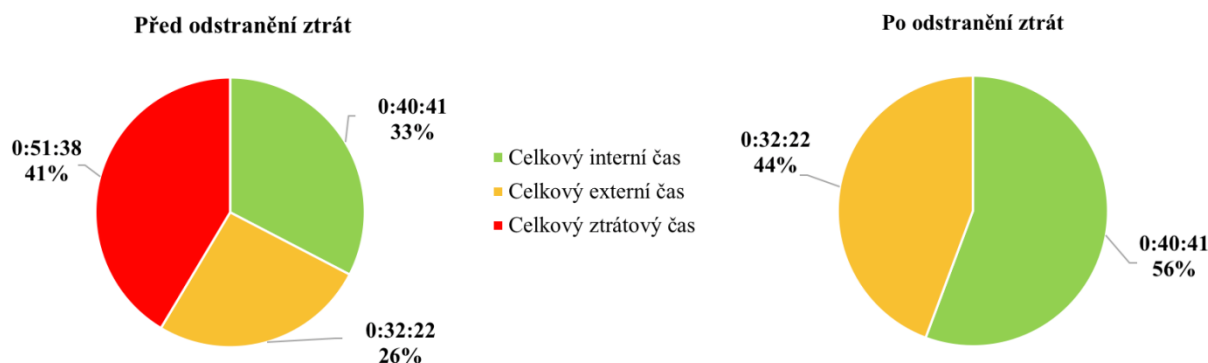
Pro sestavení nového pracovního postupu budou nejprve odstraněny všechny činnosti, které se označily jako ztrátové. Následně budou posouzeny všechny externí činnosti a to tak, aby došlo k rozhodnutí, zda budou přiřazeny do operací, které se mohou dělat před samotným spuštěním stroje, nebo po zastavení stroje.

8.1.1 Eliminace ztrátových časů

Po odstranění ztrátových časů zůstaly pouze operace externí, označeny žlutě, a interní, zvýrazněny zeleně. Následně se tyto operace seřadily a to tak, aby jako první byly externí, poté interní, a nakonec zase externí činnosti.


První výměna

U první výměny se na celkovém času 2 hodin 4 minut a 41 sekund významně podílely ztráty, které zaměstnanci trvaly 51 minut 38 sekund. Jak již bylo vysvětleno tyto ztráty vznikaly především přebytečnou chůzí jak na pracovišti, tak i mimo něj. Po odstranění těchto ztrát a zachování pouze interních a externích časů celkový čas činí 1 hodina 13 minut a 19 sekund. Uspořádání po eliminaci ztrátových časů pro první výměnu je možno vidět v příloze č. 2.



Graf 5: Porovnání časů první výměny před a po odstranění ztrát

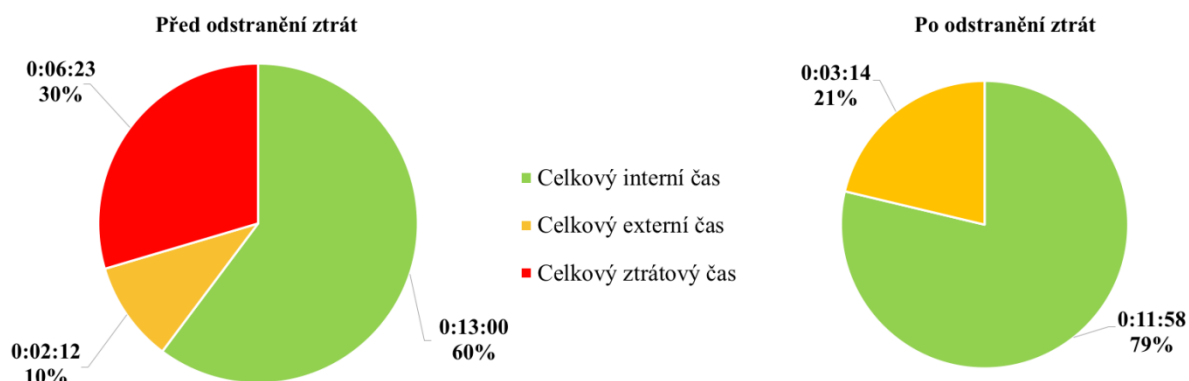
Druhá výměna

 Soběslav s.r.o.	Datum	12.03.18	Celkový interní čas	0:13:00
	Stroj	CNC vertikální obráběcí centrum AWEA 1600	Celkový externí čas	0:02:12
	Výrobek	Wagen		
	Řešitel	Michal Černý	Celkový čas	0:15:12
	Výměna	2.		

Začátek	Konec	Doba trvání	Int./Ext./Ztr.	Popis činnosti	Poznámky
0:00:00	0:00:12	0:00:12	Externí	přenesení výrobku pomocí jeřábu	
0:00:12	0:00:36	0:00:24	Externí	sražení hran obrobku	
0:00:36	0:01:04	0:00:28	Externí	očištění obrobku brusným kamenem	
0:01:04	0:01:15	0:00:11	Externí	očištění obrobku látkovou utěrkou	
0:01:15	0:01:24	0:00:09	Externí	čtení výkresové dokumentace	
0:01:24	0:02:14	0:00:50	Interní	očištění stolu látkovou utěrkou	
0:02:14	0:02:26	0:00:12	Interní	očištění stolu brusným kamenem	
0:02:26	0:03:00	0:00:34	Interní	přenesení výrobku na stůl stroje pomocí jeřábu	
0:03:00	0:03:26	0:00:26	Interní	přesun jeřábu pryč z pracoviště	
0:03:26	0:03:33	0:00:07	Interní	čištění dorazů	
0:03:33	0:03:49	0:00:16	Interní	dorážení obrobku na dorazy	
0:03:49	0:04:10	0:00:21	Interní	utahování šroubů na upínkách	
0:04:10	0:05:04	0:00:54	Interní	uprava upínek	
0:05:04	0:05:33	0:00:29	Interní	utahování matic na upínkách	
0:05:33	0:05:47	0:00:14	Interní	posun stolu stroje	
0:05:47	0:06:19	0:00:32	Interní	výměna nástroje za sondu	
0:06:19	0:09:19	0:03:00	Interní	měření pomocí sondy	
0:09:19	0:09:39	0:00:20	Interní	měření posuvným měřidlem	
0:09:39	0:10:01	0:00:22	Interní	posun stolu stroje	
0:10:01	0:11:33	0:01:32	Interní	měření pomocí sondy	
0:11:33	0:12:02	0:00:29	Interní	výměna nástroje	začátek obrábění
0:12:02	0:12:16	0:00:14	Interní	povolování šroubů na upínkách	dokončení 2. výrobku
0:12:16	0:12:40	0:00:24	Interní	vyfoukání výrobku	
0:12:40	0:12:56	0:00:16	Interní	měření posuvným měřidlem	
0:12:56	0:13:26	0:00:30	Interní	povolování matic na upínkách	
0:13:26	0:13:51	0:00:25	Interní	odstraňování upínek	
0:13:51	0:14:24	0:00:33	Interní	přenesení výrobku pomocí jeřábu	
0:14:24	0:14:34	0:00:10	Externí	očištění výrobku látkovou utěrkou	
0:14:34	0:15:12	0:00:38	Externí	přenesení výrobku na paletu pomocí jeřábu	

Tabulka 5: Uspořádané činnosti po eliminaci ztrát u druhé výměny

Oproti první výměně u druhé klesl jak ztrátový, tak i celkový čas, který měl před odstraněním ztrát hodnotu 21 minut a 35 sekund. Zjištěné ztráty jsou opět způsobeny chůzí na pracovišti, které činily 6 minut 23 sekund. Po jejich odstranění celkový čas výměny klesl na 15 minut a 12 sekund.



Graf 6: Porovnání časů druhé výměny před a po odstranění ztrát

Čtvrtá výměna

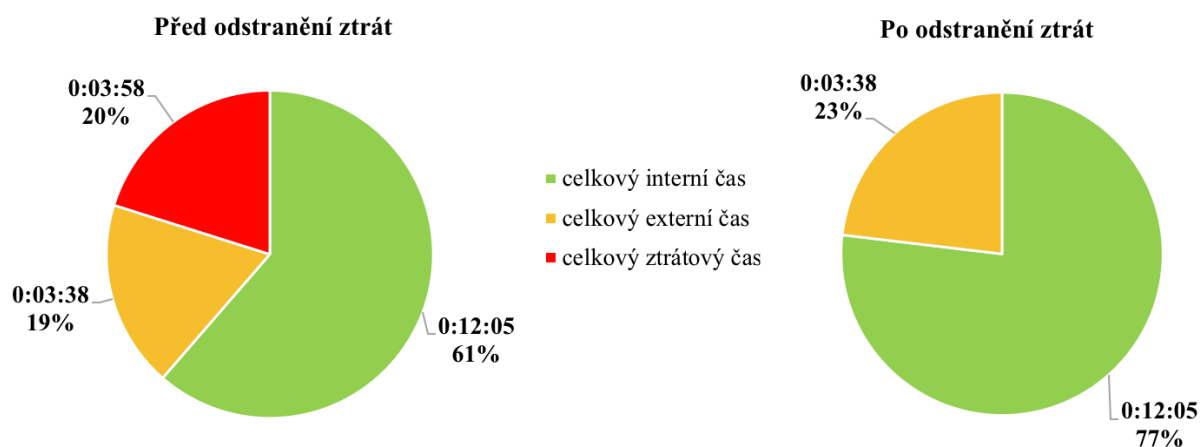


Datum	12.03.18	Celkový interní čas	0:12:05
Stroj	CNC vertikální obráběcí centrum AWEA 1600	Celkový externí čas	0:03:38
Výrobek	Wagen		
Řešitel	Černý	Celkový čas	0:15:43
Výměna	4.		

Začátek	Konec	Doba trvání	Int./Ext./Ztr.	Popis činnosti	Poznámky
0:00:00	0:00:24	0:00:24	Externí	přenesení výrobku pomocí jeřábu	
0:00:24	0:00:50	0:00:26	Externí	očistění obrobku brusným kamenem	
0:00:50	0:01:17	0:00:27	Externí	sražení hran obrobku	
0:01:17	0:02:04	0:00:47	Externí	očistění obrobku látkovou utěrkou	
0:02:04	0:03:10	0:01:06	Interní	přenesení výrobku na stůl stroje pomocí jeřábu	
0:03:10	0:03:40	0:00:30	Interní	přesun jeřábu pryč z pracoviště	
0:03:40	0:04:44	0:01:04	Interní	příprava dorazů a upinek	
0:04:44	0:05:13	0:00:29	Interní	utahování šroubů	
0:05:13	0:05:49	0:00:36	Interní	výměna nástroje za sondu	
0:05:49	0:07:15	0:01:26	Interní	měření pomocí sondy	
0:07:15	0:07:38	0:00:23	Interní	utahování šroubů	
0:07:38	0:09:46	0:02:08	Interní	měření pomocí sondy	
0:09:46	0:10:20	0:00:34	Interní	výměna nástroje	
0:10:20	0:11:22	0:01:02	Interní	měření pomocí sondy	
0:11:22	0:11:34	0:00:12	Interní	měření pomocí sondy	
0:11:34	0:11:49	0:00:15	Interní	výměna nástroje	
0:11:49	0:12:07	0:00:18	Interní	Měření posuvným měřidlem	
0:12:07	0:12:15	0:00:08	Interní	výměna nástroje	začátek obrábění
0:12:15	0:12:58	0:00:43	Interní	vyfoukání výrobku	dokončení 4. výrobku
0:12:58	0:13:14	0:00:16	Interní	povolování matic na upinkách	
0:13:14	0:13:32	0:00:18	Interní	měření posuvným měřidlem	
0:13:32	0:14:02	0:00:30	Interní	odstraňování upinek	
0:14:02	0:14:09	0:00:07	Interní	vyfoukání výrobku	
0:14:09	0:14:34	0:00:25	Externí	přenesení výrobku pomocí jeřábu	
0:14:34	0:14:45	0:00:11	Externí	očistění obrobku látkovou utěrkou	
0:14:45	0:15:43	0:00:58	Externí	přenesení výrobku na paletu pomocí jeřábu	

Tabulka 6: Uspořádané činnosti po eliminaci ztrát u čtvrté výměny

U čtvrté výměny lze vidět jen minimální ztráty z celkového času 19 minut a 41 sekund. Vyskytovaly se především v podobě konverzování zaměstnance s kolegou a jeho chůzí pro jeřáb, který se nacházel na jiném pracovišti. Tyto jmenované činnosti zaměstnanci trvaly 3 minuty a 58 sekund. Po provedení jejich eliminace se celkový čas čtvrté výměny zkrátil na 15 minut a 43 sekund.



Graf 7: Porovnání časů čtvrté výměny před a po odstranění ztrát

8.1.2 Nový pracovní postup první výměny

Nový pracovní postup byl vytvořen analýzou první výměny bez ztrátových časů. Tabulka s upravenými časy je k nahlédnutí v příloze č 2. Jak již bylo zmíněno, první výměna je charakteristická zejména tím, že zaměstnanec programuje obrábění, ale také v první řadě stroj očišťuje po minulém výrobku, a tedy pracovní postup je tvořen více činnostmi.

Nově navržený pracovní postup první výměny tvoří 26 činností, přičemž zde není zahrnut začátek ani konec obrábění. Externího charakteru je 8 činností a zbylých 18 jsou operace interní. Pokud se ta samá operace vyskytovala ve výměně vícekrát, došlo k jejímu zjednodušení na jednu operaci. Takto bylo například upraveno programování, měření pomocí sondy či utahování matic na upínkách.

Pracovní postup první výměny	
č.	činnost
1.	čtení výkresové dokumentace
2.	programování
3.	přenesení výrobku pomocí jeřábu
4.	očištění obrobku brusným kamenem
5.	sražení hran obrobku srážecím hran
6.	očištění obrobku látkovou utěrkou
7.	úklid dorazů po předešlém výrobku
8.	čištění stolu pomocí smetáku
9.	vyfoukání stolu
10.	čištění stolu látkovou utěrkou
11.	přenesení výrobku na stůl stroje pomocí jeřábu
12.	přesun jeřábu pryč z pracoviště
13.	příprava dorazů a upínek
14.	utahování šroubů na upínkách
15.	utahování matic na upínkách
16.	výměna nástroje za sondu
17.	měření pomocí sondy
18.	vyfoukání stolu
19.	měření posuvným měřidlem
20.	výměna sondy za nástroj
	začátek obrábění
	konec obrábění
21.	vyfoukání výrobku
22.	povolování matic na upínkách
23.	odstraňování upínek
24.	přenesení výrobku na paletu pomocí jeřábu
25.	očištění obrobku látkovou utěrkou
26.	přenesení výrobku na paletu pomocí jeřábu

	Externí činnosti
	Interní činnosti

Tabulka 7: Nový pracovní postup první výměny

8.1.3 Porovnání druhé a čtvrté výměny

V příloze č. 3 je k vidění porovnání druhé a čtvrté výměny, přičemž si lze všimnout, že výměny jsou téměř identické. Největší časový rozdíl je v interních činnostech, kdy jejich trvání u druhé výměny je o 30 sekund delší než u výměny čtvrté. Výskyt činností, které trvaly déle než 1

minutu je vyšší u čtvrté výměny, kde těchto úkonů bylo celkem pět, oproti druhé výměně s pouze dvěma.

Určité činnosti se objevily pouze u některé z výměn. U druhé výměny zaměstnanec čistil stůl látkovou utěrkou, brusným kamenem, čistil dorazy a také nahlížel do výkresové dokumentace, což jsou všechno činnosti, které se u čtvrté výměny již neobjevily.

8.1.4 Nový pracovní postup druhé až x-té výměny

Nový pracovní postup druhé až x-té výměny je složen z 23 činností externího a interního charakteru. Stejně jako u první výměny není obrábění do těchto činností zahrnuto. Externích činností je celkem 7 a z toho 5 činností před zapnutím stroje a 2 činnosti po jeho vypnutí. Samotných interních se v pracovním postupu nachází 16.

Pracovní postup druhé až x-té výměny	
č.	činnost
1.	čtení výkresové dokumentace
2.	přenesení výrobku pomocí jeřábu
3.	sražení hran obrobku srážecem hran
4.	očištění obrobku brusným kamenem
5.	očištění obrobku látkovou utěrkou
6.	přenesení výrobku na stůl stroje pomocí jeřábu
7.	přesun jeřábu pryč z pracoviště
8.	očištění dorazů vzduchem
9.	doražení obrobku na dorazy
10.	utahování šroubů na upínkách
11.	utahování matic na upínkách
12.	výměna nástroje za sondu
13.	měření pomocí sondy
14.	měření posuvným měřidlem
15.	výměna sondy za nástroj
	začátek obrábění
	konec obrábění
16.	vyfoukání výrobku
17.	měření posuvným měřidlem
18.	povolování šroubů na upínkách
19.	povolování matic na upínkách
20.	odstraňování upínek
21.	přenesení výrobku pomocí jeřábu
22.	očištění výrobku látkovou utěrkou
23.	přenesení výrobku na paletu pomocí jeřábu

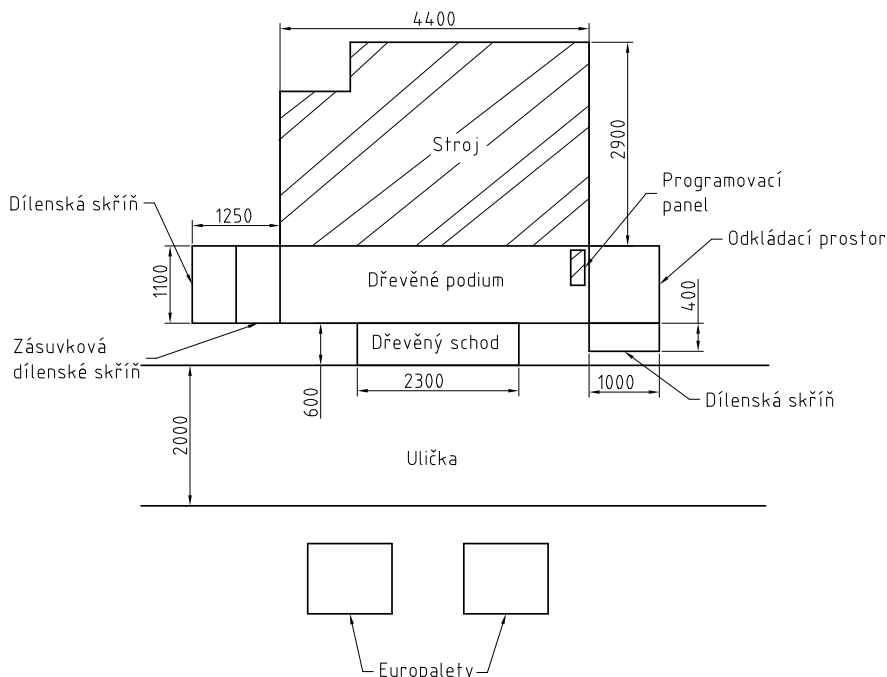
	Externí činnosti
	Interní činnosti

Tabulka 8: Nový pracovní postup druhé až x-té výměny

8.2 Navržení nového uspořádání pracoviště

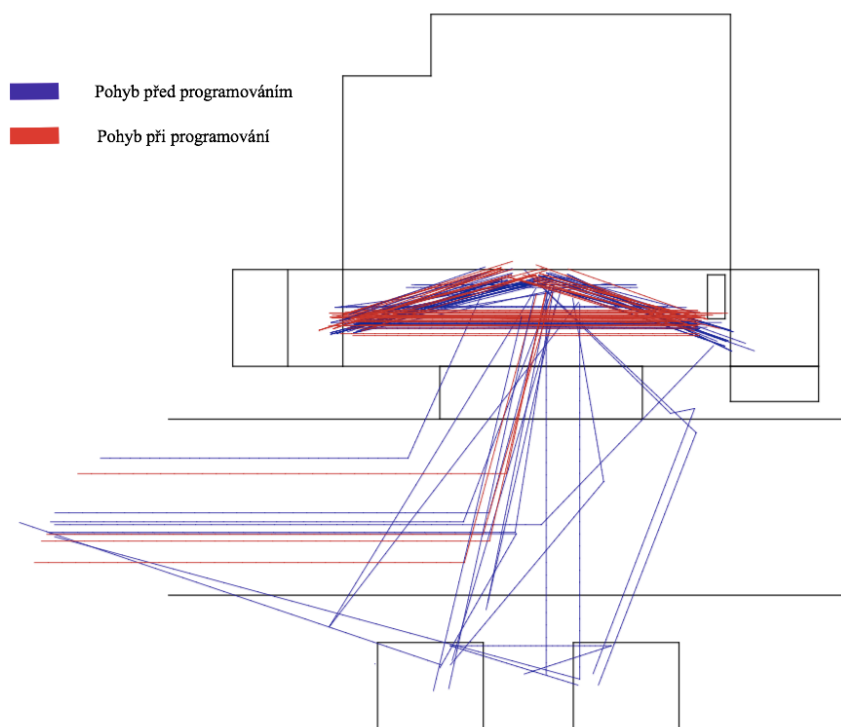
Po vyhodnocení získaných dat, bylo zjištěno, že by bylo vhodné změnit uspořádání pracoviště pro zlepšení efektivity práce dělníka. K tomuto závěru bylo dospěno vysokou četností chůze po pracovišti, jak bylo naznačeno v kapitole 7.4 Zaznamenané druhy plýtvání. Zásuvková dílenská skříň, kde je ve většině případech položena výkresová dokumentace, je umístěna na druhé straně pracoviště než programovací panel. To způsobuje, že dělník při programování

neustále přechází celé pracoviště, když chce výkresy prostudovat. Stávající uspořádání pracoviště je vidět na obrázku 22.



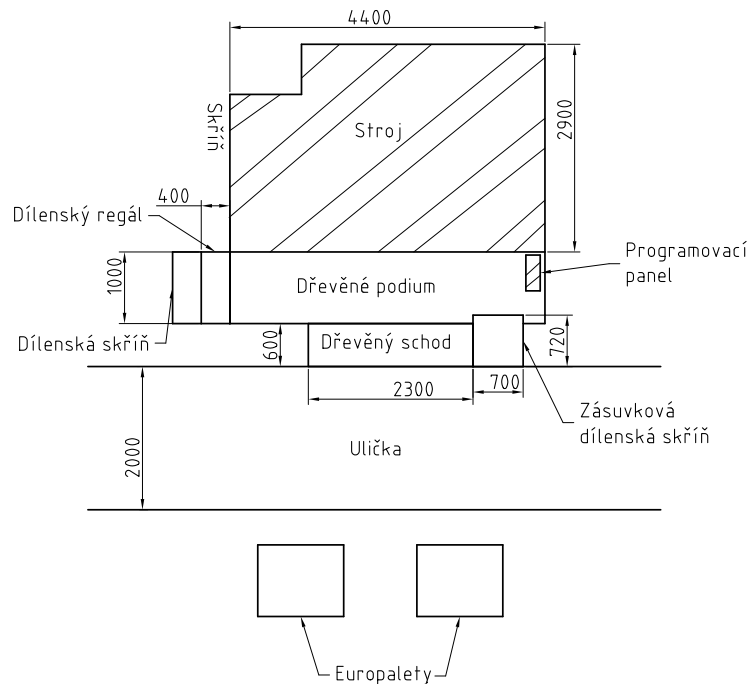
Obrázek 22: Stávající uspořádání pracoviště

Pro první výměnu byl vytvořen špagetový digram, který zachycuje pohyb pracovníka po pracovišti. Tímto způsobem bylo odhaleno množství pohybu jak před programování obráběcích operací, znázorněno modře, tak i při samotném programování, které je znázorněno červeně. Na základě tohoto diagramu bylo vytvořeno nové uspořádání pracoviště.



Obrázek 23: Špagetový diagram první výměny

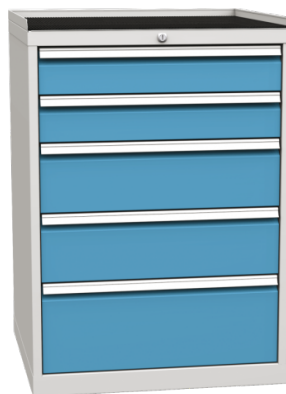
Nové uspořádání pracoviště respektuje fakt, že stojící pracovník, který programuje obráběcí operace se potřebuje dívat do výkresové dokumentace. Zásuvková dílenská skříň byla proto přesunuta z levé části pracoviště na pravou, blíže k programovacímu panelu, jak je patrné v layoutu níže. Nově jsou tedy výkresy umístěny v bezprostřední blízkosti pracovníka a dojde k odstranění přebytečné chůze.



Obrázek 24: Navržené uspořádání pracoviště

Stávající zásuvková skříň nemohla být kvůli své nadměrné šířce přesunuta, protože by zasahovala do uličky. Z tohoto důvodu byla navržena koupě skříňe, která novému uspořádání pracoviště vyhovuje.

Zásuvková skříň je stejné značky jako ta stávající, ovšem již ve vyhovující šíři. Její rozměry jsou uvedené na layoutu pracoviště výše. Skříň disponuje celkovou nosností korpusu 300 kg a obsahuje pět zásuvek, které mají každá nosnost 80 kg. Vybavena je také mechanismem blokace vysunutí více zásuvek najednou. Pořizovací cena skříňe činí 12 834 Kč bez DPH. [6]



Obrázek 25: Zásuvková dílenská skříň [6]

Dílenská skříň na nářadí byla přesunuta na levou stranu, jelikož její využití není tak časté. Odkládací prostor, v podobě dřevěného stolu, na pravé straně byl úplně odstraněn a místo něj byl

navržen dílenský regál pro případné uložení dorazů, upínek či svěráku. Tento regál je v layoutu výše umístěn vedle skříně. Navržený dílenský regál je k dispozici v internetovém obchodě E-regaly.cz. Výška regálu je 2 metry, délka 1 metr a hloubka 0,5 metru. Regál obsahuje pět polic, přičemž pro každou z nich výrobce udává nosnost 150 kg. Celková cena regálu činí 2 263 Kč bez DPH. [14]



Obrázek 26: Dílenský regál [14]

8.3 Návrhy pro zlepšení vybraných operací

Při pozorování výměn na pracovišti bylo zjištěno, že některé operace by bylo vhodné zefektivnit, jelikož byly z hlediska doby trvání zdlouhavé. V této kapitole proto bude navrženo vybavení, které by mohlo časy výměn zkrátit.

Pneumatický rázový utahovák

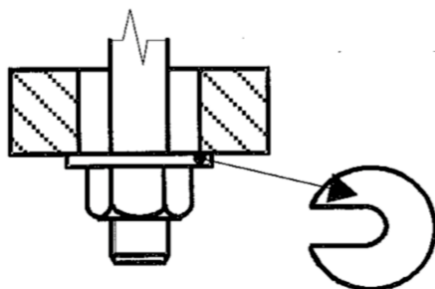
Po prostudování výměn se došlo k závěru, že by bylo vhodné zaměnit oboustranný maticový klíč za pneumatický rázový utahovák. Pneumatický utahovák je totiž efektivnější, a to z hlediska času, ale také námahy dělníka, protože celistvý tvar a nízká hmotnost je dle výrobce zárukou neúnavné práce. Na pracovišti je k dispozici stlačený vzduch, a proto bylo možné zvolit tento typ utahováku od firmy Metabo, jehož pořizovací cena činí 1 779 Kč bez DPH. Vybraný nástroj disponuje příklepovým mechanismem a nastavitelným kroučícím momentem. [13]



Obrázek 27: Pneumatický rázový utahovák [13]

U podložky

Spoje pomocí šroubů jsou základním způsobem spojování strojních součástí. Tento spoj se skládá ze šroubu, matice a podložky. A právě vkládání podložky na dřív šroubu je v některých případech zdlouhavé a neefektivní. Pro zkrácení doby interních činností by bylo vhodné nahradit klasické ploché podložky U-podložkami pro snadnější vkládání na dřív šroubu.



Obrázek 28: U-podložka [11]

Opasek na nářadí

Dalším doporučením je pořízení opasku na nářadí pro zaměstnance. Tento opasek umožní rychlejší přístup k základním nástrojům, které pracovník často používá. Jedná se například o svinovací metr, posuvné měřidlo, univerzální srážecí hran, brusný kámen či látkovou utěrku na očištění výrobku. Navrhnutý opasek je vyráběn firmou STANLEY z odolné tkaniny a disponuje jedenácti nasouvacími kapsami pro uložení nářadí. Kapsy různé velikosti a očka umožňují snadné rozdělení nářadí. Cena produktu činí 314 Kč bez DPH. [15]



Obrázek 29: Opasek na nářadí [15]

9 Závěr

Hlavním cílem této práce bylo implementování metody SMED ve vybraném podniku, přičemž pro praktickou část byla vybrána společnost Strojírna Soběslav, s. r. o.

Teoretická část se nejprve zabývala definováním výroby a jejími typy. Konkrétně kusová výroba je charakteristická pro zvolený podnik této práce a vyznačuje se produkcí malého množství různých výrobků dle požadavků a přání zákazníka. Výrobní proces je u kusové výroby technologicky uspořádán.

Dále byla pozornost věnována štíhlé výrobě, štíhlému pracovišti a také plýtvání, kde se práce zaměřila na příčiny a důsledky jeho existence. V neposlední řadě se teoretická část věnovala problematice seřizování a výměny nástrojů, se zaměřením na čas seřízení. Následně byl podrobně popsán systém SMED, jeho jednotlivé kroky, přínosy a omezení.

V praktické části práce byla představena společnost Strojírna Soběslav, její předmět podnikání, významní zákazníci, organizační struktura, strojový park a vyráběný produkt.

Následně bylo charakterizováno vybrané pracoviště, které disponuje CNC vertikálním obráběcím centrem AWEA BM -1 600. Snímkováním tohoto pracoviště byly získány potřebné podklady pro analýzu. Toto snímkování probíhalo formou záznamu činností dělníka na kameru. Celkem byly sledovány tři výměny obrobku, pro které byla následně implementována metoda SMED.

Po zavedení vybrané metody SMED u sledovaných výměn se zjistilo, že na pracovišti existují činnosti, které jsou dle principů této metody ztrátové. Zaznamenáno bylo několik druhů plýtvání. Nejčastěji se vyskytovala přebytečná chůze pracovníka, a to jednak po pracovišti, ale také po výrobní hale. Dalšími zjištěnými činnostmi, které výrobku nepřidávají hodnotu, bylo konverzování s kolegou, čekání na uvolnění jeřábu nebo konzumace jídla na pracovišti.

V poslední části práce byly uvedeny návrhy ke zlepšení zjištěného stavu analyzovaného pracoviště. Doporučení se týkala vytvoření nových pracovních postupů pro první a dále druhou až x-tou výměnu. Také bylo navrženo nové uspořádání pracoviště a to tak, aby došlo k eliminaci nadbytečné chůze pracovníka mezi programovacím panelem a výkresovou dokumentací.

Rovněž bylo zjištěno, že některé operace by bylo možné zefektivnit z hlediska doby jejich trvání. Proto bylo doporučeno pořízení nového vybavení pro pracovníka. Pneumatický rázový utahovák by nahradil dosavadní oboustranný maticový klíč a opasek na náradí by zaměstnanci zajistil pohotový přístup k nástrojům, které hojně využívá.


10 Seznam použité literatury

- [1] Clientsfirst-tx.com. 5S. [online]c2018. Dostupné z: <http://clientsfirst-tx.com/5s-lean-manufacturing-simplified/>
- [2] E-api.cz. Štíhlá výroba – používané metody a nástroje. [online]c2018. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25786n-stihla-vyroba-pouzivane-metody-a-nastroje>
- [3] Interní dokumenty Strojírny Soběslav, s. r. o.
- [4] KAVAN, M. *Výrobní a provozní management*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2002. 424 s. ISBN 80-247-0199-5.
- [5] KOŠTURIÁK, J., FROLÍK, Z. *Štíhlý a inovativní podnik*, 1. vyd. Praha: Alfa Publishing, 2006. ISBN 80-86851-38-9.
- [6] Kivos.cz. Dílenská zásuvková skříň na nářadí. [online]c2018. Dostupné z: <http://www.kivos.cz/katalog/produkt/dilensky-nabytek/zasuvkove-dilenske-skrine/vyska-skrine-1030-mm/dpo-01-a/>
- [7] Lean.org. A Brief History of Lean. [online]c2018. Dostupné z: <https://www.lean.org/WhatsLean/History.cfm>
- [8] Leanmanufacturingtools.org. History of Lean Manufacturing. [online]c2018. Dostupné z: <http://leanmanufacturingtools.org/49/history-of-lean-manufacturing/>
- [9] Leansixsigmaenvironment.org. Value Stream Map. [online]c2018. Dostupné z: http://www.leansixsigmaenvironment.org/wp-content/uploads/2015/08/EPA_Water_VSM-e1440403289247.jpg
- [10] LINKER, JEFFREY, K. *Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce*. 1.vyd. Praha: Management Press, 2007. ISBN 978-80-7261-173-7.
- [11] MAŠÍN, I., VYTLAČIL, M. *Nové cesty k vyšší produktivitě: metody průmyslového inženýrství*. 1.vyd. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2000. ISBN 80-902235-6-7.
- [12] Mescentrum.cz. Overall Equipment Effectiveness. [online]c2018. Dostupné z: <http://www.mescentrum.cz/clanky/mes-mom/133-oee>
- [13] Peddy.cz. Pneumatický rázový utahovák Metabo. [online]c2018. Dostupné z: <https://www.peddy.cz/pneumaticke-utahovaky/pneumaticky-razovy-utahovak-metabo-dssw-450-38>

- [14] Regaly-nabytek.cz. Regál Varimo. [online]c2018. Dostupné z: <https://www.regaly-nabytek.cz/p/regal-varimo-zakladni-pole-d-1000-mm-hl-500-mm#5225>
- [15] Rucni-naradi.cz. Stanley opasek na nářadí. [online]c2018. Dostupné z: <https://www.rucni-naradi.cz/stanley-opasek-na-naradi>
- [16] Strategosinc.com. Just in Time. [online]c2018. Dostupné z: http://www.strategosinc.com/just_in_time.htm
- [17] Strojirasobeslav.cz. Oficiální stránky společnosti Strojírna Soběslav, s. r. o. [online]c2018. Dostupné z: <http://www.strojirasobeslav.cz/>
- [18] Systemonline.cz. Štíhlé principy a procesně orientovaná výroba. [online]c2018. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/stihle-principy-a-procesne-orientovana-vyroba.htm>
- [19] TOMEK G., VÁVROVÁ V. *Řízení výroby*. 2. vyd. Praha: Grada Publishing, 2003.
- [20] GEJZA H., BASL J. *Metodika řízení výroby*. Plzeň: ZČU Plzeň, 1994.

PŘÍLOHA č. 1

Záznam činností a analýza první výměny

 STROJÍRNA Soběslav s.r.o.	Datum	12.03.18	Celkový interní čas	0:40:41
	Stroj	CNC vertikální obráběcí centrum AWEA 1600	Celkový externí čas	0:32:22
	Výrobek	Wagen	Celkový ztrátový čas	0:51:38
	Řešitel	Michal Černý	Celkový čas	2:04:41
	Výměna	1.		

Začátek	Konec	Doba trvání	Int./Ext./Ztr.	Popis činnosti	Poznámky
0:00:00	0:00:17	0:00:17	Interní	vyfoukání výrobku	
0:00:17	0:00:24	0:00:07	Interní	očištění výrobku brusným kamenem	
0:00:24	0:01:04	0:00:40	Ztráta	chůze pro jeřáb s magnetem	
0:01:04	0:01:24	0:00:20	Interní	povolování svěráku	
0:01:24	0:02:15	0:00:51	Interní	přenesení výrobku na paletu pomocí jeřábu	
0:02:15	0:02:35	0:00:20	Ztráta	konverzace s kolegou	
0:02:35	0:02:58	0:00:23	Externí	čištění magnetu pro jeřáb	
0:02:58	0:03:33	0:00:35	Ztráta	konverzace s kolegou	
0:03:33	0:04:28	0:00:55	Interní	čištění stolu pomocí smetáku	
0:04:28	0:04:45	0:00:17	Ztráta	konverzace s kolegou	
0:04:45	0:04:55	0:00:10	Interní	utahování svěráku	
0:04:55	0:05:07	0:00:12	Interní	přejetí stolem	
0:05:07	0:05:12	0:00:05	Interní	vyfoukání stolu	
0:05:12	0:05:59	0:00:47	Ztráta	konverzace s kolegou	
0:05:59	0:07:04	0:01:05	Interní	povolování matic na přípravku	
0:07:04	0:07:13	0:00:09	Interní	vyfoukání stolu	
0:07:13	0:08:30	0:01:17	Externí	povolování matic na přípravku	
0:08:30	0:08:44	0:00:14	Interní	povolování šroubů na přípravku	
0:08:44	0:09:00	0:00:16	Interní	čištění stolu pomocí smetáku	
0:09:00	0:09:42	0:00:42	Interní	povolování šroubů na přípravku	
0:09:42	0:09:53	0:00:11	Interní	vyfoukání stolu	
0:09:53	0:10:02	0:00:09	Externí	úklid šroubů do skříně	
0:10:02	0:10:09	0:00:07	Interní	vyfoukání stolu	
0:10:09	0:12:50	0:02:41	Ztráta	opuštění pracoviště za jiným účelem	
0:12:50	0:13:23	0:00:33	Interní	povolování šroubů na přípravku	
0:13:23	0:14:34	0:01:11	Externí	úklid dorazů	
0:14:34	0:15:42	0:01:08	Externí	vyfoukání stolu	
0:15:42	0:16:07	0:00:25	Ztráta	opuštění pracoviště za jiným účelem	
0:16:07	0:16:24	0:00:17	Externí	upevnění popruhů na přípravek	
0:16:24	0:20:06	0:03:42	Ztráta	čekání na uvolnění jeřábu	
0:20:06	0:21:25	0:01:19	Ztráta	chůze pro jeřáb	
0:21:25	0:21:55	0:00:30	Externí	přenesení přípravku pomocí jeřábu	
0:21:55	0:22:26	0:00:31	Ztráta	čištění přípravku brusným kamenem	
0:22:26	0:23:56	0:01:30	Externí	přenesení přípravku na paletu pomocí jeřábu	
0:23:56	0:24:07	0:00:11	Externí	čištění stolu pomocí látkové utěrky	
0:24:07	0:25:05	0:00:58	Externí	vyfoukání stolu	
0:25:05	0:25:42	0:00:37	Externí	čištění stolu pomocí látkové utěrky	
0:25:42	0:29:28	0:03:46	Ztráta	opuštění pracoviště za jiným účelem	
0:29:28	0:41:02	0:11:34	Ztráta	převoz obrobků pomocí paletového zvedáku	
0:41:02	0:41:26	0:00:24	Externí	přenesení výrobku pomocí jeřábu	
0:41:26	0:41:52	0:00:26	Externí	očištění obrobku brusným kamenem	
0:41:52	0:42:19	0:00:27	Externí	sražení hran obrobku	
0:42:19	0:43:06	0:00:47	Externí	očištění obrobku látkovou utěrkou	
0:43:06	0:44:12	0:01:06	Externí	přenesení výrobku na stůl stroje pomocí jeřábu	
0:44:12	0:44:42	0:00:30	Externí	přesun jeřábu pryč z pracoviště	
0:44:42	0:45:55	0:01:13	Ztráta	konzumace jídla na pracovišti	
0:45:55	0:46:59	0:01:04	Externí	příprava dorazů a upínek	
0:46:59	0:49:00	0:02:01	Ztráta	konverzace s kolegou	
0:49:00	0:57:32	0:08:32	Externí	příprava dorazů a upínek	
0:57:32	0:58:01	0:00:29	Externí	utahování šroubů	
0:58:01	0:58:46	0:00:45	Ztráta	konverzace s kolegou	
0:58:46	0:59:22	0:00:36	Externí	výměna nástroje za sondu	
0:59:22	1:00:48	0:01:26	Externí	měření pomocí sondy	
1:00:48	1:01:11	0:00:23	Externí	utahování šroubů	
1:01:11	1:03:19	0:02:08	Externí	měření pomocí sondy	
1:03:19	1:03:53	0:00:34	Externí	výměna nástroje	
1:03:53	1:04:55	0:01:02	Externí	měření pomocí sondy	
1:04:55	1:05:04	0:00:09	Ztráta	chůze po pracovišti	
1:05:04	1:05:16	0:00:12	Externí	měření pomocí sondy	
1:05:16	1:05:31	0:00:15	Externí	výměna nástroje	
1:05:31	1:06:02	0:00:31	Externí	programování	
1:06:02	1:06:05	0:00:03	Ztráta	chůze po pracovišti	
1:06:05	1:06:18	0:00:13	Ztráta	konverzace s kolegou	
1:06:18	1:06:22	0:00:04	Ztráta	chůze po pracovišti	
1:06:22	1:06:39	0:00:17	Externí	programování	
1:06:39	1:06:42	0:00:03	Ztráta	chůze po pracovišti	
1:06:42	1:07:00	0:00:18	Externí	Měření posuvným měřidlem	
1:07:00	1:07:03	0:00:03	Ztráta	chůze po pracovišti	
1:07:03	1:07:32	0:00:29	Externí	programování	
1:07:32	1:07:36	0:00:04	Ztráta	chůze po pracovišti	
1:07:36	1:08:21	0:00:45	Externí	čtení výkresové dokumentace	
1:08:21	1:08:25	0:00:04	Ztráta	chůze po pracovišti	
1:08:25	1:08:55	0:00:30	Externí	programování	
1:08:55	1:09:01	0:00:06	Ztráta	chůze po pracovišti	
1:09:01	1:09:09	0:00:08	Externí	čtení výkresové dokumentace	
1:09:09	1:09:12	0:00:03	Ztráta	chůze po pracovišti	
1:09:12	1:10:52	0:01:40	Externí	programování	
1:10:52	1:10:55	0:00:03	Ztráta	chůze po pracovišti	
1:10:55	1:11:30	0:00:35	Externí	čtení výkresové dokumentace	
1:11:30	1:11:33	0:00:03	Ztráta	chůze po pracovišti	
1:11:33	1:16:07	0:04:34	Externí	programování	

1:16:07	1:16:15	0:00:08	Interní	výměna nástroje	začátek obrábění
1:16:15	1:17:04	0:00:49	Interní	vizuální kontrola obrobku	1.přerušení obrábění
1:17:04	1:17:14	0:00:10	Interní	Měření posuvným měřidlem	
1:17:14	1:17:49	0:00:35	Ztráta	výměna nástroje	
1:17:49	1:18:13	0:00:24	Ztráta	ruční vyjmutí nástroje z vřetene	zvolena špatná délka nástroje
1:18:13	1:18:32	0:00:19	Ztráta	výměna nástroje	
1:18:32	1:18:54	0:00:22	Ztráta	ruční vyjmutí nástroje z vřetene	
1:18:54	1:21:37	0:02:43	Ztráta	opuštění pracoviště za jiným účelem	hledání správného nástroje
1:21:37	1:21:51	0:00:14	Ztráta	ruční vložení nástroje do vřetene	
1:21:51	1:22:10	0:00:19	Externí	programování	
1:22:10	1:22:16	0:00:06	Ztráta	chůze po pracovišti	
1:22:16	1:22:54	0:00:38	Externí	programování	
1:22:54	1:23:59	0:01:05	Externí	programování	2.přerušení obrábění
1:23:59	1:24:26	0:00:27	Interní	výměna nástroje za sondu	
1:24:26	1:25:09	0:00:43	Interní	měření pomocí sondy	
1:25:09	1:25:11	0:00:02	Ztráta	chůze po pracovišti	
1:25:11	1:25:27	0:00:16	Externí	čtení výkresové dokumentace	
1:25:27	1:25:29	0:00:02	Ztráta	chůze po pracovišti	
1:25:29	1:26:38	0:01:09	Interní	výměna nástroje	zvolen špatný nástroj
1:26:38	1:27:06	0:00:28	Ztráta	výměna nástroje	
1:27:06	1:27:30	0:00:24	Ztráta	konverzace s kolegou	
1:27:30	1:27:51	0:00:21	Interní	vyfoukání obrobku	
1:27:51	1:38:16	0:10:25	Ztráta	opuštění pracoviště za jiným účelem	hledání správného nástroje
1:38:16	1:39:00	0:00:44	Externí	čtení výkresové dokumentace	
1:39:00	1:39:31	0:00:31	Externí	výměna nástroje	
1:39:31	1:39:46	0:00:15	Ztráta	ruční vyjmutí nástroje z vřetene	
1:39:46	1:39:58	0:00:12	Ztráta	ruční vložení nástroje do vřetene	
1:39:58	1:40:35	0:00:37	Externí	programování	
1:40:35	1:40:40	0:00:05	Ztráta	chůze po pracovišti	
1:40:40	1:40:46	0:00:06	Externí	čtení výkresové dokumentace	
1:40:46	1:40:49	0:00:03	Ztráta	chůze po pracovišti	
1:40:49	1:40:58	0:00:09	Externí	programování	
1:40:58	1:41:03	0:00:05	Ztráta	chůze po pracovišti	
1:41:03	1:41:12	0:00:09	Externí	programování	
1:41:12	1:41:16	0:00:04	Ztráta	chůze po pracovišti	
1:41:16	1:42:32	0:01:16	Externí	programování	
1:42:32	1:42:36	0:00:04	Ztráta	chůze po pracovišti	
1:42:36	1:42:49	0:00:13	Externí	čtení výkresové dokumentace	
1:42:49	1:42:52	0:00:03	Ztráta	chůze po pracovišti	
1:42:52	1:44:04	0:01:12	Externí	programování	
1:44:04	1:44:50	0:00:46	Ztráta	konverzace s kolegou	3.přerušení obrábění
1:44:50	1:45:21	0:00:31	Externí	Měření posuvným měřidlem	
1:45:21	1:45:43	0:00:22	Ztráta	konverzace s kolegou	4.přerušení obrábění
1:45:43	1:46:38	0:00:55	Externí	programování	
1:46:38	1:46:58	0:00:20	Externí	vyfoukání obrobku	5.přerušení obrábění
1:46:58	1:47:08	0:00:10	Externí	programování	
1:47:08	1:47:29	0:00:21	Ztráta	konverzace s kolegou	
1:47:29	1:47:56	0:00:27	Externí	měření	
1:47:56	1:48:04	0:00:08	Externí	programování	
1:48:04	1:48:13	0:00:09	Ztráta	chůze po pracovišti	
1:48:13	1:48:25	0:00:12	Externí	programování	
1:48:25	1:48:29	0:00:04	Externí	vyfoukání obrobku	6.přerušení obrábění
1:48:29	1:49:49	0:01:20	Externí	programování	
1:49:49	1:49:53	0:00:04	Ztráta	chůze po pracovišti	
1:49:53	1:50:03	0:00:10	Externí	čtení výkresové dokumentace	
1:50:03	1:50:06	0:00:03	Ztráta	chůze po pracovišti	
1:50:06	1:51:02	0:00:56	Externí	programování	
1:51:02	1:52:11	0:01:09	Externí	programování	7.přerušení obrábění
1:52:11	1:53:26	0:01:15	Externí	programování	8.přerušení obrábění
1:53:26	1:53:59	0:00:33	Externí	výměna nástroje	za odjehlavačku
1:53:59	1:54:44	0:00:45	Externí	programování	9.přerušení obrábění
1:54:44	1:54:48	0:00:04	Ztráta	chůze po pracovišti	
1:54:48	1:54:56	0:00:08	Externí	čtení výkresové dokumentace	
1:54:56	1:54:59	0:00:03	Ztráta	chůze po pracovišti	
1:54:59	1:56:46	0:01:47	Externí	programování	
1:56:46	1:56:54	0:00:08	Ztráta	chůze po pracovišti	
1:56:54	1:56:57	0:00:03	Externí	programování	10.přerušení obrábění
1:56:57	1:57:03	0:00:06	Ztráta	chůze po pracovišti	
1:57:03	1:58:49	0:01:46	Externí	programování	
1:58:49	1:59:14	0:00:25	Externí	výměna nástroje	za navrtávačku
1:59:14	2:00:00	0:00:46	Externí	Měření posuvným měřidlem	11.přerušení obrábění
2:00:00	2:00:10	0:00:10	Externí	programování	
2:00:10	2:00:53	0:00:43	Externí	vyfoukání výrobku	dokončení 1. výrobku
2:00:53	2:01:09	0:00:16	Externí	povolování matic na upínek	
2:01:09	2:01:27	0:00:18	Externí	Měření posuvným měřidlem	
2:01:27	2:01:57	0:00:30	Externí	odstraňování upínek	
2:01:57	2:02:04	0:00:07	Externí	vyfoukání výrobku	
2:02:04	2:03:07	0:01:03	Ztráta	chůze pro jeřáb	
2:03:07	2:03:32	0:00:25	Externí	přenesení výrobku pomocí jeřábu	zastavení v půlce dráhy
2:03:32	2:03:43	0:00:11	Externí	očistění obrobku látkovou utěrkou	
2:03:43	2:04:41	0:00:58	Externí	přenesení výrobku na paletu pomocí jeřábu	

PŘÍLOHA č. 2

Uspořádání externích a interních činností po eliminaci ztrát u první výměny



Datum	12.03.18	Celkový interní čas	0:00:00
Stroj	CNC vertikální obráběcí centrum AWEA 1600	Celkový externí čas	0:00:00
Výrobek	Wagen		
Řešitel	Michal Černý	Celkový čas	1:13:19
Výměna	1.		

Začátek	Konec	Doba trvání	Int./Ext./Ztr.	Popis činnosti	Poznámky
0:00:00	0:00:23	0:00:23	Externí	čištění magnetu pro jeřáb	
0:00:23	0:01:53	0:01:30	Externí	přenesení přípravku pomocí jeřábu	
0:01:53	0:02:02	0:00:09	Externí	úklid šroubů do skříně	
0:02:02	0:02:26	0:00:24	Externí	přenesení výrobku na stůl stroje pomocí jeřábu	
0:02:26	0:02:52	0:00:26	Externí	očištění obrobku brusným kamenem	
0:02:52	0:03:19	0:00:27	Externí	sražení hran obrobku	
0:03:19	0:04:06	0:00:47	Externí	očištění obrobku hadrem	
0:04:06	0:06:27	0:02:21	Externí	čtení výkresové dokumentace	
0:06:27	0:30:48	0:24:21	Externí	programování	
0:30:48	0:31:05	0:00:17	Interní	vyfoukání výrobku	
0:31:05	0:31:12	0:00:07	Interní	očištění výrobku brusným kamenem	
0:31:12	0:31:32	0:00:20	Interní	povolování svěráku	
0:31:32	0:32:23	0:00:51	Interní	přenesení výrobku na paletu pomocí jeřábu	
0:32:23	0:33:18	0:00:55	Interní	čištění stolu pomocí smetáku	
0:33:18	0:33:28	0:00:10	Interní	utahování svěráku	
0:33:28	0:33:40	0:00:12	Interní	přejetí stolem	
0:33:40	0:33:45	0:00:05	Interní	vyfoukání stolu	
0:33:45	0:34:50	0:01:05	Interní	povolování matic na přípravku	
0:34:50	0:34:59	0:00:09	Interní	vyfoukání stolu	
0:34:59	0:36:16	0:01:17	Interní	povolování matic na přípravku	
0:36:16	0:38:17	0:02:01	Interní	povolování šroubů na přípravku	
0:38:17	0:38:35	0:00:18	Interní	vyfoukání stolu	
0:38:35	0:39:46	0:01:11	Interní	úklid dorazů	
0:39:46	0:40:54	0:01:08	Interní	vyfoukání stolu	
0:40:54	0:41:11	0:00:17	Interní	upevnění popruhů na přípravek	
0:41:11	0:41:41	0:00:30	Interní	přenesení přípravku pomocí jeřábu	
0:41:41	0:41:52	0:00:11	Interní	čištění stolu pomocí hadru	
0:41:52	0:42:50	0:00:58	Interní	vyfoukání stolu	
0:42:50	0:43:27	0:00:37	Interní	čištění stolu pomocí hadru	
0:43:27	0:44:33	0:01:06	Interní	přenesení výrobku na stůl stroje pomocí jeřábu	
0:44:33	0:45:03	0:00:30	Interní	přesun jeřábu pryč z pracoviště	
0:45:03	0:54:39	0:09:36	Interní	příprava dorazů a upínek	
0:54:39	0:55:31	0:00:52	Interní	utahování šroubů	
0:55:31	0:56:07	0:00:36	Interní	výměna nástroje za sondu	
0:56:07	0:57:33	0:01:26	Interní	měření pomocí sondy	
0:57:33	0:59:41	0:02:08	Interní	měření pomocí sondy	
0:59:41	1:00:15	0:00:34	Interní	výměna nástroje	
1:00:15	1:01:17	0:01:02	Interní	měření pomocí sondy	
1:01:17	1:01:29	0:00:12	Interní	měření pomocí sondy	
1:01:29	1:01:44	0:00:15	Interní	výměna nástroje	
1:01:44	1:02:02	0:00:18	Interní	měření posuvným měřidlem	
1:02:02	1:02:10	0:00:08	Interní	výměna nástroje	začátek obrábění
1:02:10	1:02:59	0:00:49	Interní	vizuální kontrola obrobku	
1:02:59	1:03:09	0:00:10	Interní	měření posuvným měřidlem	
1:03:09	1:03:36	0:00:27	Interní	výměna nástroje za sondu	
1:03:36	1:04:19	0:00:43	Interní	měření pomocí sondy	
1:04:19	1:05:28	0:01:09	Interní	výměna nástroje	
1:05:28	1:05:49	0:00:21	Interní	vyfoukání obrobku	
1:05:49	1:06:20	0:00:31	Interní	výměna nástroje	
1:06:20	1:06:51	0:00:31	Interní	měření posuvným měřidlem	
1:06:51	1:07:11	0:00:20	Interní	vyfoukání obrobku	
1:07:11	1:07:38	0:00:27	Interní	měření	
1:07:38	1:07:42	0:00:04	Interní	vyfoukání obrobku	
1:07:42	1:08:07	0:00:25	Interní	výměna nástroje	
1:08:07	1:08:40	0:00:33	Interní	výměna nástroje	za odjehlovačku
1:08:40	1:09:05	0:00:25	Interní	výměna nástroje	za navrtávačku
1:09:05	1:09:51	0:00:46	Interní	měření posuvným měřidlem	
1:09:51	1:10:34	0:00:43	Interní	vyfoukání výrobku	dokončení 1. výrobku
1:10:34	1:10:50	0:00:16	Interní	povolování matic na upínek	
1:10:50	1:11:08	0:00:18	Interní	měření posuvným měřidlem	
1:11:08	1:11:38	0:00:30	Interní	odstranování upínek	
1:11:38	1:11:45	0:00:07	Interní	vyfoukání výrobku	
1:11:45	1:12:10	0:00:25	Interní	přenesení výrobku pomocí jeřábu	
1:12:10	1:12:21	0:00:11	Externí	očištění obrobku hadrem	
1:12:21	1:13:19	0:00:58	Externí	přenesení výrobku na paletu pomocí jeřábu	

PŘÍLOHA č. 3

Porovnání druhé a čtvrté výměny po uspořádání činností a eliminaci ztrát

Výměna	4.
Celkový interní čas	0:12:05
Celkový externí čas	0:03:38
Celkový čas	0:15:43

Doba trvání	Int./Ext.	Popis činnosti	Poznámky
0:00:24		přenesení výrobku pomocí jeřábu	
0:00:26		očštění obrobku brusným kamenem	
0:00:27	0:02:04	sražení hran obrobku	
0:00:47		očštění obrobku látkovou utěrkou	
0:01:06		přenesení výrobku na stůl stroje pomocí jeřábu	
0:00:30		přesun jeřábu pryč z pracoviště	
0:01:04		příprava dorazů a upínek	
0:00:29		utahování šroubů	
0:00:36		výměna nástroje za sondu	
0:01:26		měření pomocí sondy	
0:00:23		utahování šroubů	
0:02:08		měření pomocí sondy	
0:00:34		výměna nástroje	
0:01:02	0:12:05	měření pomocí sondy	
0:00:12		měření pomocí sondy	
0:00:15		výměna nástroje	
0:00:18		měření posuvným měřidlem	
0:00:08		výměna nástroje	začátek obrábění
0:00:43		vyfoukání výrobku	dokončení 4. výrobku
0:00:16		povolování matice na upínkách	
0:00:18		měření posuvným měřidlem	
0:00:30		odstraňování upínek	
0:00:07		vyfoukání výrobku	
0:00:25		přenesení výrobku pomocí jeřábu	
0:00:11	0:01:34	očštění obrobku látkovou utěrkou	
0:00:58		přenesení výrobku na paletu pomocí jeřábu	

Výměna	2.
Celkový interní čas	0:13:00
Celkový externí čas	0:02:12
Celkový čas	0:15:12

Doba trvání	Int./Ext.	Popis činnosti	Poznámky
0:00:12		přenesení výrobku pomocí jeřábu	
0:00:24		sražení hran obrobku	
0:00:28	0:01:24	očštění obrobku brusným kamenem	
0:00:11		očštění obrobku látkovou utěrkou	
0:00:09		čtení výkresové dokumentace	
0:00:50		očštění stolu látkovou utěrkou	
0:00:12		očštění stolu brusným kamenem	
0:00:34		přenesení výrobku na stůl stroje pomocí jeřábu	
0:00:26		přesun jeřábu pryč z pracoviště	
0:00:07		čištění dorazů	
0:00:16		dorážení obrobku na dorazy	
0:00:21		utahování šroubů na upínkách	
0:00:54		uprava upínek	
0:00:29		utahování matice na upínkách	
0:00:14		posun stolu stroje	
0:00:32	0:13:00	výměna nástroje za sondu	
0:03:00		měření pomocí sondy	
0:00:20		měření posuvným měřidlem	
0:00:22		posun stolu stroje	
0:01:32		měření pomocí sondy	
0:00:29		výměna nástroje	začátek obrábění
0:00:14		povolování šroubů na upínkách	dokončení 2. výrobku
0:00:24		vyfoukání výrobku	
0:00:16		měření posuvným měřidlem	
0:00:30		povolování matice na upínkách	
0:00:25		odstraňování upínek	
0:00:33		přenesení výrobku pomocí jeřábu	
0:00:10		očštění výrobku látkovou utěrkou	
0:00:38	0:00:48	přenesení výrobku na paletu pomocí jeřábu	