

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**  
**FAKULTA STROJNÍ**

**Studijní program:** B0715A270013S03 Strojní inženýrství  
**Studijní specializace:** Průmyslové inženýrství a management

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Vyvažování pracovišť montážní linky pro výrobu specifického produktu**

Autor: Yauheniya ANAPREYENKA  
Vedoucí práce: Ing. Filip RYBNIKÁR

Akademický rok 2020/2021

## ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2020/2021

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Yauheniya ANAPREYENKA**  
Osobní číslo: **S19B0579P**  
Studijní program: **B0715A270013 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Průmyslové inženýrství a management**  
Téma práce: **Vyvažování pracovišť montážní linky pro výrobu specifického produktu**  
Zadávací katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

## Zásady pro vypracování

1. Měření práce, analýza měření a stanovení spotřeby času
2. Rozbor činností – produktivní, neproduktivní, ztrátové činnosti
3. Plýtvání a jeho odhalení, nedostatky na pracovišti a potenciál pro zlepšení
4. Vyvažování pracovišť, zvýšení průtoku montážní linky
5. Závěr a vyhodnocení práce

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

Seznam doporučené literatury:

1. VÁCLAV, Landa. *Základy normování práce: Praktická příručka pro začínající normovače, technology a začínající mistry výroby*. Louny: Rytmus-Václav Landa, 2019. ISBN 978-80-270-5483-1.
2. VÁCHAL, Jan, VOCHOZKA, Marek a kol. *Podnikové řízení*. Praha: GRADA, 2013. ISBN 978-80247-4642-5.
3. JUROVÁ, Marie a kol. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada, 2016. ISBN 9788027193301.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Filip Rybníkář**  
Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Konstantin Novikov**  
Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Datum zadání bakalářské práce: **21. září 2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **28. května 2021**

L.S.

---

**Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.**  
děkan

---

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

## **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

## ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Anapreyenka	<b>Jméno</b> Yauheniya	
<b>STUDIJNÍ PROGRAM</b>	B0715A270013 Strojní inženýrství		
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> Ing. Rybníkář	<b>Jméno</b> Filip	
<b>PRACOVÍŠTĚ</b>	ZČU - FST - KPV		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	<b>Nehodící se škrtněte</b>
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Vyvažování pracovišť montážní linky pro výroby specifického produktu		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KPV	<b>ROK ODEVZD.</b>	2021
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	53	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	37	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	16
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b> <b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	Bakalářská práce je zaměřena na vyvažování montážní linky pro výrobu válců pro zhutňování půdy a asfaltu. Pro zjištění spotřeby času na pracovištích linky je použita metoda snímkování a analýzy spotřeby času. Součástí analýzy je odhalení plýtvání a zlepšení toku výrobní linky za využití parametrizace a kategorizace položek kusovníku. Na závěr je uvedeno porovnání původního a navrženého stavu, včetně kalkulace úspor.
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b> <b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b>	Měření spotřeby času, snímkování pracovního dne, kategorizace, parametrizace, časové ztráty, plýtvání, balancování, vyvážení linky, takt linky

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	<b>Surname</b> Anapreyenka	<b>Name</b> Yauheniya	
<b>STUDY PROGRAMME</b>	B0715A270013 Mechanical engineering		
<b>SUPERVISOR</b>	<b>Surname (Inclusive of Degrees)</b> Ing. Rybníkář	<b>Name</b> Filip	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KPV		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Assembly line balancing for the production of a specific product		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Industrial Engineering and Management	<b>SUBMITTED IN</b>	2021
----------------	------------------------	-------------------	---------------------------------------	---------------------	------

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

<b>TOTALLY</b>	53	<b>TEXT PART</b>	37	<b>GRAPHICAL PART</b>	16
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	The bachelor's thesis is focused on the assembly line balancing for the production of double-drum vibratory rollers for soil and asphalt compaction. To determine time consumption at workplaces of the line are used time records and analysis of time consumption. Part of the analysis is to detect waste time and to improve the flow of the line using parameterization and categorization. In the end, there is a comparison of the original and the proposed state, including calculation of savings.
<b>KEY WORDS</b>	Time measurement, time records, categorization, parametrization, waste of time, balancing, tact line

## Obsah

Úvod .....	12
1 Měření času .....	13
1.1 Přímé metody měření času .....	13
1.1.1 Snímek pracovního dne .....	13
1.1.2 Chronometráž .....	14
1.1.3 REFA .....	14
1.2 Nepřímé metody měření času .....	14
Historie vývoje nepřímých metod .....	15
1.2.1 MTM (Methods Time Measurement) .....	15
1.2.2 MOST (Maynard Operation Sequence Technique) .....	15
2 Analýza spotřeby času .....	17
2.1 Klasifikace spotřeb času .....	17
2.1.1 Spotřeba času během směny .....	17
2.1.2 Spotřeba času z hlediska výrobního zařízení .....	19
2.2 Rozdělení činností podniku .....	19
2.3 Plýtvání .....	20
2.3.1 Druhy plýtvání .....	20
2.3.2 Odhalení a eliminace plýtvání .....	21
2.4 Mapování podnikových procesů .....	22
3 Normování práce .....	24
3.1 Výrobní procesy .....	24
3.1.1 Druhy výroby .....	25
3.1.2 Technologický postup .....	26
3.1.3 Prostorové uspořádání podniku .....	26
3.2 Stanovení norem času .....	27
3.2.1 Rozborová metoda .....	27
3.2.2 Sumární metoda .....	28
3.3 Přehled norem .....	28
4 Analýza současného stavu podniku AIR POWER .....	30
4.1 Představení společnosti AIR POWER .....	30
4.2 Předmět práce .....	31
4.3 Spotřeba času na jednotlivá pracoviště .....	34
5 Vyvažování montážní linie .....	38
5.1 Parametrizace a kategorizace komponent .....	40

5.1.1	Parametrizace .....	40
5.1.2	Kategorizace .....	40
5.1.3	Spotřeba času po kategorizaci .....	43
5.2	Balancování výrobní linie .....	44
5.2.1	Varianta A .....	44
5.2.2	Varianta B .....	45
6	Nástroj pro vyvažování linie .....	47
7	Vyhodnocení navrhovaného stavu .....	50
	Závěr.....	52
	Seznam použité literatury .....	53



## **Přehled použitých zkratk a symbolů**

MTM	Methods-Time Measurement
MOST	Maynard operation sequence technique
TMU	Time Measurement Unit
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
TPM	Total Productive Maintenance
CPN	Customer Part Number
s.r.o.	Společnost s ručením omezeným

## Seznam obrázků

Obrázek 2-1 Rozdělení spotřeby času během směny [1] .....	18
Obrázek 2-2 Spotřeba času výrobního zařízení [10] .....	19
Obrázek 2-3 Rozbor činností [2] .....	20
Obrázek 2-4 Druhy plýtvání [3] .....	20
Obrázek 3-1 Vstupy a výstupy výroby [4] .....	24
Obrázek 3-2 Členění výroby [5] .....	25
Obrázek 4-1 Logo společnosti AIR POWER s.r.o. [6] .....	30
Obrázek 4-2 AIR POWER s.r.o. [6] .....	30
Obrázek 4-3 Vibrační válec RD7Wacker Neuson [7] .....	31
Obrázek 4-4 Kompresor AST720[6] .....	32
Obrázek 4-5 Generátor G2X3A [6] .....	32
Obrázek 4-6 Layout výrobní linie .....	33
Obrázek 4-7 Analýza spotřeby času dle snímku .....	34
Obrázek 4-8 Zastoupení všech činností na pracovištích .....	35
Obrázek 4-9 Poměr produktivních a neproduktivních činností .....	35
Obrázek 4-10 Časová spotřeba dle snímkování .....	36
Obrázek 4-11 Čas montáže na pracovištích linie D1 .....	37
Obrázek 5-1 Ukázka technologického postupu .....	39
Obrázek 5-2 Grafická vizualizace operací v postupu .....	39
Obrázek 5-3 Ukázka operací bez sériového čísla .....	42
Obrázek 5-4 Spotřeba času dle parametrizace .....	44
Obrázek 5-5 Vybalancovaná linie D1 .....	45
Obrázek 5-6 Vybalancovaná linie při přidání pracoviště H04 .....	46
Obrázek 6-1 Spotřeba času pomocí kontingenčního grafu před balancováním .....	48
Obrázek 6-2 Výsledná spotřeba času pomocí kontingenčního grafu .....	49
Obrázek 7-1 Porovnání jednotlivých stavů .....	50

## Seznam tabulek

Tabulka 4-1 Změřený čas na pracovištích.....	36
Tabulka 5-1 Ukázka kusovníku.....	38
Tabulka 5-2 Třídění položek v kusovníku na kategorie.....	41
Tabulka 5-3 Měření spotřeby času pro danou kategorii.....	42
Tabulka 5-4 Ukázka samostatných kategorií .....	43
Tabulka 5-5 Výsledná tabulka po kategorizaci .....	43
Tabulka 6-1 Vazba mezi položkami a pracovišti .....	47
Tabulka 6-2 Spotřeba času pomocí kontingenční tabulky před balancováním.....	48
Tabulka 6-3 Vyhodnocení pomocí kontingenční tabulky po balancování.....	49
Tabulka 7-1 Početní vyhodnocení navrženého stavu linie.....	51

## Úvod

Význam konkurenceschopnosti, který firmě umožňuje přežít na trhu, se v posledních letech značně zvýšil. Globalizace ekonomiky přináší na trh nové společnosti, které nabízejí podobné druhy výrobků a služeb. Je nezbytné, aby při růstu cen náklady na výrobu byly stejné, nebo se dokonce snižovaly při zachování požadované kvality. V rychle se měnícím prostředí se společnosti musí zaměřovat na svoje výrobní procesy a neustále je optimalizovat a zlepšovat. Pomocí implementace různých metod a nástrojů lze stanovit pracovní normy a odhalovat ztráty, které zbytečně zvyšují výrobní náklady a zpomalují výrobní čas. Výskyt takových ztrát by se měl minimalizovat.

Teoretická část této bakalářské práce je rozdělena na čtyři kapitoly. V prvních dvou kapitolách jsou popsány metody měření času, druhy spotřeby času pracovníků a strojů, druhy plýtvání. Třetí kapitola je zaměřena na pracovní normy a metody jejich stanovení. Čtvrtá kapitola se zabývá představením společnosti Air POWER s.r.o. a popisem výroby.

Praktická část bakalářské práce je založena na aplikaci metod, popsaných v teoretické části. Práce je provedena ve společnosti Air POWER s.r.o. Úkolem je měření časů pracovníků na montážní lince a analýza činností zaměstnanců. Výstupem je návrh vybalancované montážní linky pro výrobu vibračního válce, včetně porovnání původního a navrženého stavu.

# 1 Měření času

Měření času slouží k zaznamenání všech činností za zvolený časový úsek, které je základem pro stanovení pracovních norem v podniku a přezkoumání již existujících norem. Po měření probíhá analýza spotřeby změřeného času.

Měření času lze rozdělit na 2 základní skupiny:

- měření přímé,
- měření nepřímé.

## 1.1 Přímé metody měření času

Nejnámějšími metodami přímého měření času jsou snímek pracovního dne a chronometráž. Snímek pracovního dne lze podle předmětu zkoumání rozdělit na snímek:

- jednotlivého pracovníka,
- skupiny,
- vlastní,
- hromadný.

### Postup přímého měření:

Jedná se o postup měření pomocí stopek a chronografů.

#### 1. Příprava měření

Příprava měření se skládá z výběru pozorovatele a pracovníka, který má dostatečnou kvalifikaci, přípravy pracoviště a stanovení počtu měření. Pokud dochází k rozkladu celé operace na úseky, například u výběrové chronometráže, je důležité správně určit začátek a konec každého úseku.

#### 2. Měření

Při měření pozorovatel vyplňuje formulář se změřenými hodnotami. Pro přesnější stanovení času pro každou činnost (úsek, složku) je potřeba provést měření několikrát. Větší počet měření udává přesnější výsledky. Počet měření závisí na výrobních podmínkách, úrovni automatizace a počtu vyráběných jednotek. Poměr maximální a minimální doby trvání úseku se nazývá součinitel rozpětí. Čím je menší součinitel, tím je výrobní proces přesnější a stabilnější.

#### 3. Vyhodnocení

Po skončení měření se provádí analýza změřených hodnot. Před analýzou se nejprve detekují a odstraňují změřené hodnoty, které jsou příliš odlišné od ostatních a pravděpodobně jsou chybné. Čas, spotřebovaný na jednotlivé operace, se počítá jako aritmetický průměr naměřených hodnot. [5]

### 1.1.1 Snímek pracovního dne

Snímek pracovního dne je druh měření, při kterém se změří čas, například za směnu a zároveň se do formuláře poznamenají činnosti, které byly provedeny během měření. Započítává se i ztrátový a přestávkový čas. Účelem snímku je:

- Identifikace ztrát a návrh opatření k eliminaci těchto ztrát
- Pozorování pracovních časů zkušených pracovníků, kteří dosahují lepších výsledků
- Stanovení potřebného počtu zaměstnanců
- Stanovení nových norem

Při snímkování jednotlivého pracovníka se pozorovatel soustředí na všechny činnosti zvoleného pracovníka, provedené během směny. Všechny druhy činností a čas, kdy činnost začne a skončí, jsou zaznamenány do formuláře s přesností 0.5-1 minuty.

Pozorovatel musí být dobře připraven, aby měření bylo co nejpřesnější. Příprava spočívá v přečtení pracovního postupu, výběru pracovníka, přípravě pracoviště a poznamenání potřebných údajů o výrobním procesu.

Skupinový snímek znamená současné pozorování několika pracovníků a pracovišť. Pokud jsou ve skupině více jak tři pracovníci, pozorovatel nemusí stihnout poznamenat činnosti všech zaměstnanců. V takovém případě se pro měření používají kamery a formulář se vyplňuje později. Výhoda kamer je v tom, že umožňují přehrávat záznamy několikrát, což zjednodušuje analýzu a výsledky měření.

Vlastní snímek je druh měření, při kterém pracovník zaznamenává své činnosti a čas bez pozorovatele. Jeho hlavním úkolem je zaznamenat veškeré ztráty a prostoje během směny. Pracovníkovi je nutno vysvětlit důvod měření a jak se vyplňuje formulář. Je to produktivní metoda, protože při záznamu ztrát pracovník rozepisuje jejich příčiny a důvody. Po ukončení měření pracovník může navrhnout nápravné opatření. Přesnost metody závisí na zodpovědnosti a kvalitaci pracovníka. [5]

### 1.1.2 Chronometráž

Chronometráž je metoda, která je založena na zkoumání opakujících se činností. Pomocí stopek a chronografů pozorovatel několikrát měří čas rozličných složek a zapisuje výsledky do archu.

#### **Cíle chronometráže jsou:**

- Stanovení časových norem
- Odhalení příčin nevyplnění norem některými pracovníky
- Eliminace ztrát a neefektivity práce
- Stanovení výkonu pracovníků

#### **Chronometráž se rozděluje na tři druhy:**

- Plynulá (Zkoumá celou operaci)
- Výběrová (Zkoumá jen výběrové úseky)
- Snímková

Snímková chronometráž je kombinací chronometráže a snímku pracovního dne. Při měření se stanovuje čas práce a zároveň účel zvolené operace. [5]

### 1.1.3 REFA

REFA je certifikovaná německá metodika, která vede k optimalizaci výrobních procesů a zkrácení časů výroby. Měření se provádí pomocí stopek. Záznamový formulář pro tuto metodu obsahuje postup, který pracovník dodržuje při výrobě, popis pracovního úkolu, strojů, nástrojů a náradí. Metodika REFA klade velký důraz na výkonnost pracovníka. Při samotném měření se do formuláře zapisují nejen operace a časy, ale i výkonnostní stupeň pracovníků. Pozorovatel, který měří čas, je povinen posoudit, zda pracovník vykonává činnost v normálním tempu. [8]

## 1.2 Nepřímé metody měření času

Nejčastěji používanými metodami měření času ve firmách jsou snímek pracovního dne a chronometráž, které mají však své nedostatky. Měření by mělo být prováděno několikrát, což

může být neekonomické. Kromě toho ho mohou ovlivnit i pracovníci, kteří schválně pracují pomaleji než obvykle. Z toho důvodu je vhodné se zaměřit na další metody měření.

Nepřímé metody neboli metody předem stanovených časů jsou založeny na principu, že každou složitou operaci lze rozložit na pohyby. Pracovní úkon je tedy kombinací jednoduchých pohybů, které se provádí nepřetržitě. Jsou to velice přesné metody, které mohou najít uplatnění v hromadné a velkosériové výrobě. V kusové výrobě se nepoužívají z toho důvodu, že jsou příliš podrobné a nákladné. Nejznámějšími metodami jsou MTM a MOST.

Základní pohyb je nejmenší měřitelná jednotka, kterou nelze rozdělit dál.

## Historie vývoje nepřímých metod

Metody předem stanovených časů vyvinuli a popsali ve své práci američtí inženýři F. B. Gilbreth a L. M. Gilbrethová na počátku minulého století. Jejich práce se objevila ve fázi vývoje sériové výroby. Metody se poprvé uplatnily v továrnách G. Forda. Cílem bylo racionalizovat práci, odstranit neproduktivní pohyby, zvýšit efektivitu práce a zajistit vysokou přesnost měření. Zvláštní pozornost byla věnována výběru pracovníka. Jednalo se o kvalifikovaného a vyškoleného člověka, který mohl vykonat práci v nejkratším čase. [9]

### 1.2.1 MTM (Methods Time Measurement)

MTM je metoda analýzy pohybu, jejíž zásadou je velmi podrobné rozdělení manuální práce na základní pohyby a přiřazení hodnoty z katalogu ke každému pohybu. Je to nejpřesnější metoda, používaná v dnešní době. Metodu lze rozdělit na 3 druhy: MTM-1, MTM-2 a MTM-3. MTM-1 rozlišuje 19 základních pohybů lidského těla. Jsou to pohyby rukou a ramen, očí, těla a nohou. Každý pohyb má svoje značení v katalogu, například index P znamená „placement“, B – „Body motion“. Při měření se do formuláře zapisují nejen druhy základních pohybů, ale i jejich doba trvání, vzdálenost pohybu a další nutné parametry pro popsání pohybu. Přemístění objektu, který váží 2 kg, na vzdálenost 20 cm jednou rukou vypadá takto: M 20 2/1.

Časy konání základních pohybů jsou velmi malé, proto MTM používá svou časovou jednotku. Základní jednotkou je TMU (Time Measurement Unit), která se rovná 0,036 sekundy.

Metoda MTM-1 je časově náročná, proto u kusové a malosériové výroby je vhodné použít jiné metody. Metoda MTM-2 umožňuje sloučení několika pohybů ve sledy pohybů, což značně urychluje proces měření. Například kombinaci pohybů „sáhnout“- „uchopit“- „pustit“ lze sloučit do „vzít“. MTM-3 umožňuje slučovat i sledy pohybů.

Pro zjednodušení měření pro malosériovou výrobu základní pohyby mohou být spojeny v sledy, které představují kombinaci několika základních pohybů.

### 1.2.2 MOST (Maynard Operation Sequence Technique)

MOST je metoda měření, která zkoumá pohyby v podobě pohybových modelů. Ke každému modelu se přiřazuje časová hodnota z katalogu. Hlavním rozdílem metody MOST od MTM je sloučení základních pohybů v posloupnosti.

Metodu MOST lze rozdělit na Maxi MOST, Mini MOST a Basic MOST.

Maxi MOST slouží pro zkoumání činností, které se opakují méně než 150krát za týden a trvají od několika minut do několika hodin. Mini MOST je nejvíce detailní metoda, která slouží k analýze činností, opakujících se víc než 1500krát za týden a trvajících několik vteřin.

Nejpopulárnějším druhem MOST je Basic MOST. Používá se pro zkoumání činností, které se opakují více než 150krát a méně než 1500krát za týden. Délka operací nepřevyšuje

několik minut. Tato metoda vylučuje 4 pohybové modely neboli sekvence. Pohybové sekvence popisují, jakým způsobem bude objekt přemístěn z jednoho místa na druhé.

- Pohyb volný,
- Pohyb řízený,
- Použití nářadí,
- Použití ručního jeřábu.

Volný pohyb představuje posloupnost A B G A B P A. Po zapsání sekvence se ke každému parametru přidělí index, který tento parametr popisuje. Například A3 znamená, že pracovník udělá jeden nebo dva kroky. Po dokončení se všechny indexy posčítají a vynásobí se koeficientem. Výsledek se následovně přepočítá na časové jednotky TMU.

Metoda MOST je velmi přesná a zároveň je mnohem rychlejší než MTM, protože se zkoumá sekvence pohybů, nikoliv každý základní pohyb zvlášť. Na druhou stranu MTM je více detailní. [9]



## 2 Analýza spotřeby času

Analýza spotřeby času se provádí po změření času pomocí metod, popsanych v předchozí kapitole. Analýza slouží k odhalení ztrát, zkrácení výrobní doby a stanovení časových norem.

Analýza probíhá následujícím způsobem:

- 1) Vypočítá se, jak dlouho trvala každá činnost (od času, kdy činnost skončila se odečte čas, kdy začala)
- 2) Každé operaci se přidělí číslo podle zavedené klasifikace spotřeby času
- 3) Činnosti se zařadí do skupin podle stejného čísla
- 4) Výsledky se porovnají s předpokládanými hodnotami a odhalí se ztráty
- 5) Navrhne se opatření, zaměřené na zkrácení času výroby

### 2.1 Klasifikace spotřeb času

Spotřebu času lze rozdělit z hlediska činnosti pracovníků a výrobního zařízení. Pomocí rozdělení času se odhalují ztráty a následně se navrhuje opatření pro jejich eliminaci.

#### 2.1.1 Spotřeba času během směny

Pro účely normování práce zaměstnanců se celkový čas rozděluje na normovatelný a nenormovatelný.

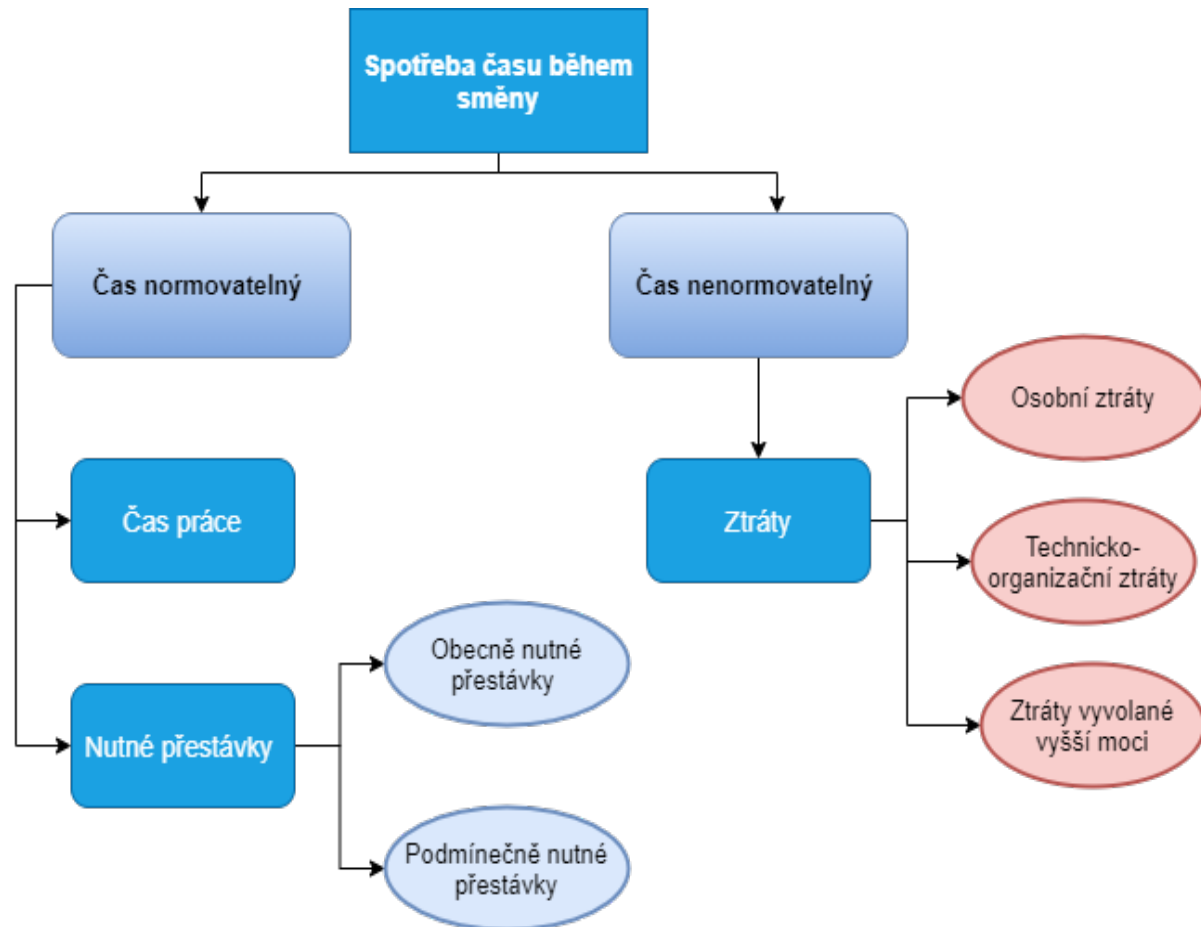
Do normovatelného času patří čas, který je vynaložen na provedení pracovní činnosti. Normovatelný čas lze rozdělit na čas práce a nutné přestávky.

Do nenormovaného času patří jakákoliv ztráta času. Je to čas, který je spotřebován na vykonání neproduktivní nebo náhodné práce. [10]

Veškeré ztráty ve výrobě lze rozdělit na 3 skupiny:

- Osobní
- Technicko-organizační
- Vyvolané vyšší mocí

Rozdělení spotřeby času během směny je znázorněno na následujícím obrázku:



Obrázek 2-1 Rozdělení spotřeby času během směny [1]

Čas práce je součtem časů, vynaložených na užitečnou práci a přípravné činnosti. Přípravný čas zahrnuje dobu přípravy pracoviště, materiálu a nástrojů. Může zahrnovat čtení výkresů, nastavení a kontrolu zařízení na začátku směny. Do času práce také patří údržba nástrojů a strojů, úklid pracoviště.

Obecně nutné přestávky představují přestávky během směny, které souvisí s fyziologickými potřebami organismu. Příkladem je odpočinek, osobní potřeby. Takové přestávky jsou povinné a jsou předepsány pracovními normami. Jejich délka záleží na druhu podniku, jeho výroby a na fyzické zátěži pracovníka.

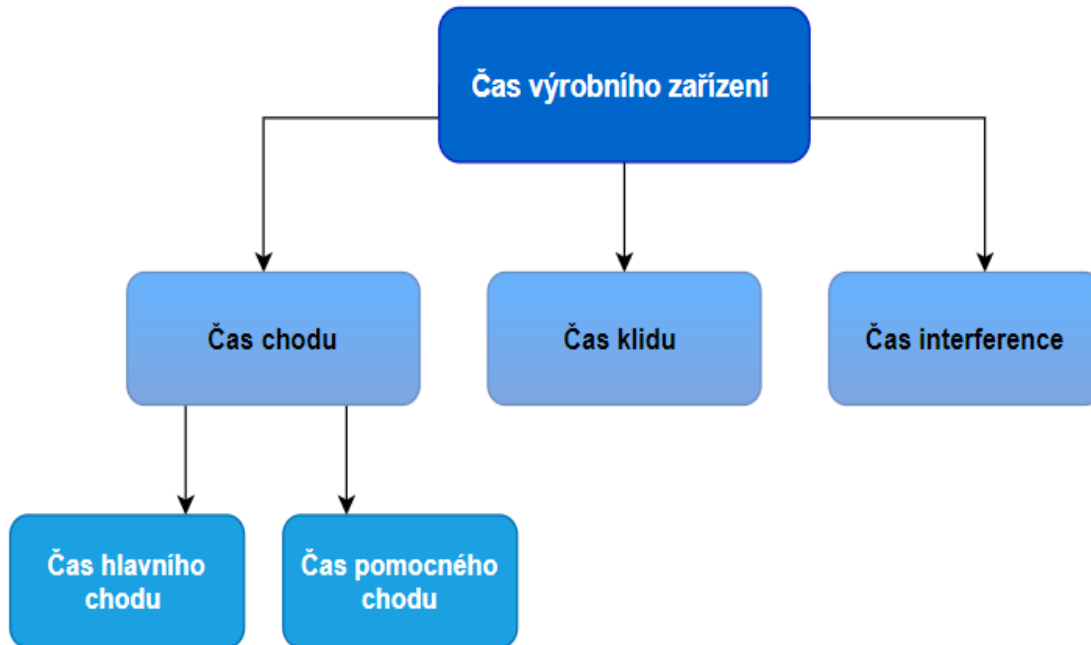
Podmínečně nutné přestávky jsou způsobeny technologií výrobního procesu. Vznikají tam, kde je výroba mechanizovaná. Je to například čekání pracovníka na doběh zařízení. Při analýze takových přestávek je úkolem najít možnosti jejich eliminace, například snížením počtu pracovníků, kteří obsluhují stroj nebo úklidem pracoviště během doběhu strojního zařízení.

Osobní ztráty jsou vyvolány výrobou zmetků a provedením zbytečných činností pracovníka kvůli nedostatečné kvalifikaci. Zahrnují povídání s jinými pracovníky a absenci zaměstnance na pracovišti.

Technicko-organizační ztráty jsou spojeny s jakýmkoliv technickými problémy, například s poruchami strojů, chybami v dokumentaci, špatnou koordinací činností pracovníků ze strany vedoucích výroby, nedostatkem materiálu a náradí pro konkrétní druh výroby.

Ztráty vyvolané vyšší mocí jsou způsobeny haváriemi, výpadkem proudu apod. [10]

### 2.1.2 Spotřeba času z hlediska výrobního zařízení



Obrázek 2-2 Spotřeba času výrobního zařízení [10]

Čas chodu je čas, kdy je zařízení v provozu a vykonává činnost. Rozděluje se na čas hlavního chodu a pomocného chodu.

Čas hlavního chodu vyjadřuje čas, kdy zařízení provádí změny na předmětu práce podle technologického postupu. Je to například obrábění povrchu polotovaru.

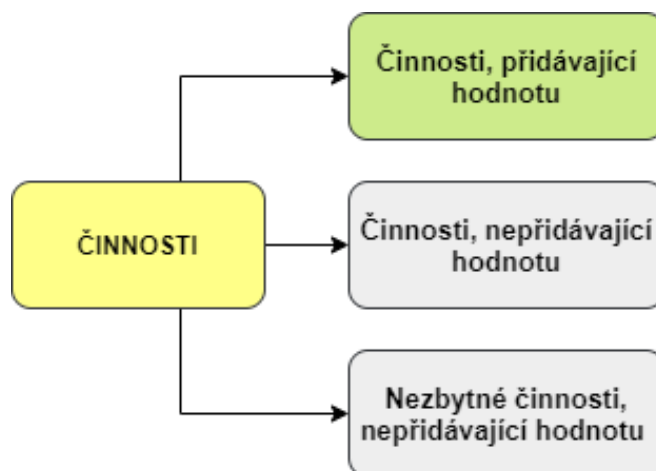
Čas pomocného chodu zahrnuje pomocné děje, potřebné k provedení hlavní činnosti stroje. Je to například upnutí obrobku do sklíčidla před obráběním na soustruhu.

Čas interference je doba čekání stroje na obsluhu. Jde o obsluhu několika zařízení jedním pracovníkem. [10]

## 2.2 Rozdělení činností podniku

V dnešní době by kvůli vysoké konkurenci měl každý podnik implementovat různé nástroje pro zlepšování procesů ve výrobě. Kvůli měnícím se požadavkům trhu a zákazníka je nezbytné neustále provádět analýzy stavu podniku a odhalovat ztráty. Cílem společnosti je vyrábět co nejefektivněji.

Veškeré činnosti, uskutečňující se v podniku, se dělí na 3 skupiny:



Obrázek 2-3 Rozbor činností [2]

Činnosti, přidávající hodnotu, vedou k uspokojení potřeb zákazníka. To jsou aktivity, které zákazník zaplatí.

Činnosti, které naopak nevedou k uspokojení potřeb zákazníka a způsobují časové a peněžní ztráty, jsou považovány za činnosti, nepřinášející hodnotu podniku.

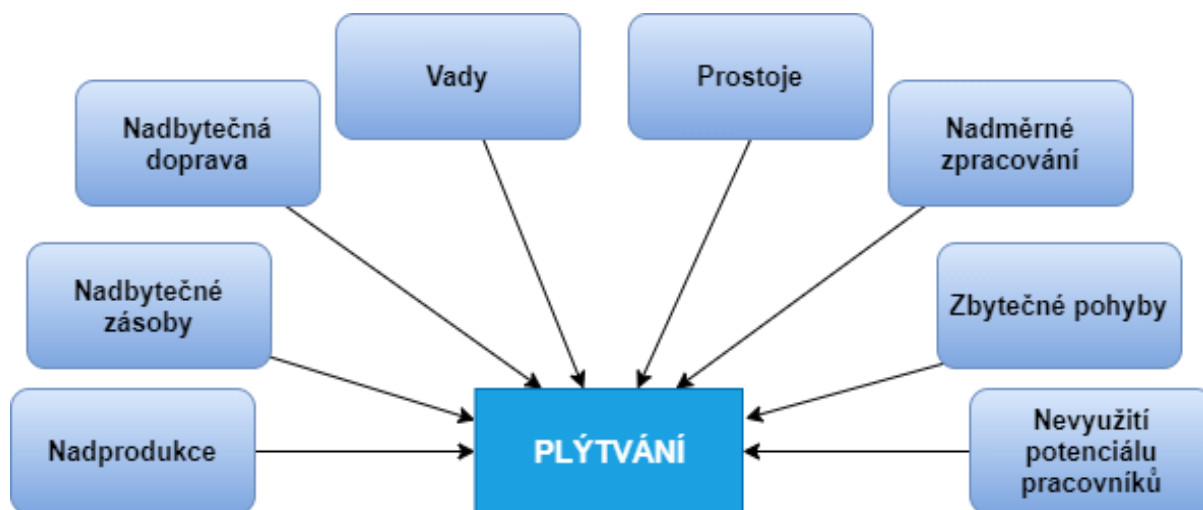
Činnosti, které nepřináší hodnotu podniku, ale jsou nutné pro splnění požadavků, týkajících se výroby, patří ke třetí skupině. Je to například manipulace s materiálem, úklid pracoviště a příprava strojů. [2]

## 2.3 Plýtvání

Pojem plýtvání je těsně spojen s činnostmi, které nepřináší hodnotu a způsobují peněžní a časové ztráty. Ve všech procesech podniku, buď to ve výrobě anebo při montáži, existuje plýtvání.

### 2.3.1 Druhy plýtvání

Plýtvání lze roztrdit do 7 druhů. K sedmi druhům se v poslední době začal přidávat osmý druh – nevyužití potenciálu pracovníků.



Obrázek 2-4 Druhy plýtvání [3]

### **Nadvýroba**

Nadvýroba je nejhorším druhem plýtvání, jelikož způsobuje další druhy plýtvání. Nadprodukcí lze jednoduše odhalit. Objevuje se, když společnost vyrábí víc, než prodává zákazníkům. Často to nastává ve velkosériové a hromadné výrobě. Důsledkem nadprodukce je předčasná spotřeba materiálu pro výrobu a nákupu nového materiálu, který vede k přebytečným zásobám a ztrátě kvality.

### **Zásoby**

Nadvýroba a nerovnoměrná výroba na různých pracovištích vyvolává nadbytečné zásoby, které snižují návratnost investic a zvětšují čas výroby. Zásoby tvoří polotovary, suroviny, hotové výrobky, rozpracované výrobky. Skladování velkých zásob vyžaduje prostor, energii a lidskou práci, což přináší zbytečné náklady pro podnik.

### **Doprava**

Nadbytečná doprava vzniká kvůli iracionálnímu umístění zařízení a velké vzdálenosti mezi pracovišti. Nadbytečná doprava způsobuje zbytečné pohyby pracovníků a nárůst nákladů na přemístění výrobků, což vede k nárůstu cen na konečný produkt.

### **Vady**

Vady jsou důsledkem poruchy zařízení, nízké kvalifikace pracovníků, použití nevhodného nářadí. Vadné výrobky vyvolávají dodatečnou kontrolu výrobků, opravu defektů, vyřízení reklamace od zákazníka. Pokud je chyba udělána na začátku výrobního procesu, tak vadný výrobek projde celou cestou, a nakonec nepřinese žádnou hodnotu pro zákazníka. Proto je důležité provádět kontroly, nejlépe po každé výrobní operaci.

### **Zpracování**

Nadměrné zpracování je zapříčiněno provedením činností, které nejsou zapotřebí. Mohou být způsobeny nedostatkem zkušeností pracovníka nebo nedokonalou technologií výroby. Každá prováděná výrobní operace by měla být popsána a vysvětlena v pracovním postupu.

### **Pohyby**

Největším zdrojem skrytého plýtvání jsou zbytečné pohyby. Může se jednat o pohyby pracovníků, materiálu nebo zařízení. Nadbytečné pohyby vedou ke snížení produktivity práce, zvýšení únavy pracovníků a ke zvýšení počtu úrazů. K vyloučení takových pohybů je třeba optimalizovat výrobní procesy, zlepšovat kvalifikaci zaměstnanců a efektivně organizovat pracoviště.

### **Čekání**

Čekání je čas, kdy zařízení není v provozu a zaměstnanci nepracují. Je způsobeno špatným plánováním výroby, zpožděním doručení dílů nebo nedokonalou komunikací mezi pracovníky. Pro eliminaci čekání je nutno postupně eliminovat všechny ostatní druhy plýtvání. [3]

## **2.3.2 Odhalení a eliminace plýtvání**

Cílem každého podniku je odhalení všech osmi druhů plýtvání. Hodnocení nemůže provádět jeden pracovník, musí být zapojen celý tým. Všichni účastníci týmu musí být motivováni k odhalení skrytého plýtvání nejen ve výrobě, ale ve všech odděleních společnosti. Proto musí být z týmu vyloučeni pracovníci, kteří jsou zvyklí na současný stav a nepředstavují si žádné možnosti zlepšení.

Po odhalení různých druhů plýtvání následuje jejich eliminace. Existuje spousta nástrojů, pomocí kterých lze dosáhnout vyhovujících výsledků. Níže jsou uvedeny příklady metod a nástrojů, které mohou sloužit jako nápravné opatření:

- 5S
- Vyvážení pracovišť
- Tok hodnot
- Automatizace
- Měření práce
- Stanovení spotřeby času
- Normování práce
- Racionalizace pracoviště
- Kanban
- Just In Time
- FMEA
- TPM

[3]

## 2.4 Mapování podnikových procesů

Univerzálním způsobem, jak zlepšit efektivitu podniku a popsat jeho aktuální stav, je zobrazení všech procesů ve formě toku hodnot. Tok hodnot vytvářejí výsledky činností pracovníků, přenášené z jedné operace do druhé. Úkolem je zvýšit rychlost toku, zmenšit počet činností, nepřidávajících hodnotu, což vede ke zkrácení výrobního času, dodacích lhůt a úsporám.

Základním vizuálním nástrojem pro tvoření toku hodnot je mapování podnikových procesů. Mapování je schéma, které znázorňuje toky vedoucí k naplnění požadavků zákazníka. Mapování lze vytvořit buď pro aktuální anebo budoucí stav podniku. Ve výrobě se rozlišují 3 druhy toků hodnot:

- Tok materiálu
- Tok informace
- Tok pracovníků

Na mapě by se zobrazují následující údaje:

- Materiálové toky
- Informační toky
- Požadavky zákazníka
- Údaje o dodávkách materiálu
- Údaje o zásobách (počet kusů)
- Podrobný popis výrobních činností

Popis výrobních činností obsahuje čas práce, údaje o pracovnících, název a výkon stroje, počet kusů a počet zmetků.

Proces tvoření mapy toku hodnot:

- 1) Rozdělení výrobního cyklu zvoleného produktu mezi účastníky týmu
- 2) Sběr veškerých dat po cestách materiálových a informačních toků
- 3) Analýza procesu a výpočet efektivity

Efektivita procesu se počítá tak, že čas pro provedení činností přinášejících hodnotu se vydělí celkovým časem výroby.

Analýza spočívá v znázornění míst na mapě, kde dochází ke ztrátám. Může to být například zbytečná manipulace nebo čekání. Po analýze se navrhuje opatření pro omezení plýtvání a kreslí se mapa budoucího neboli zlepšeného stavu. Pak lze rozlišné operace výrobního procesu normovat. [11]

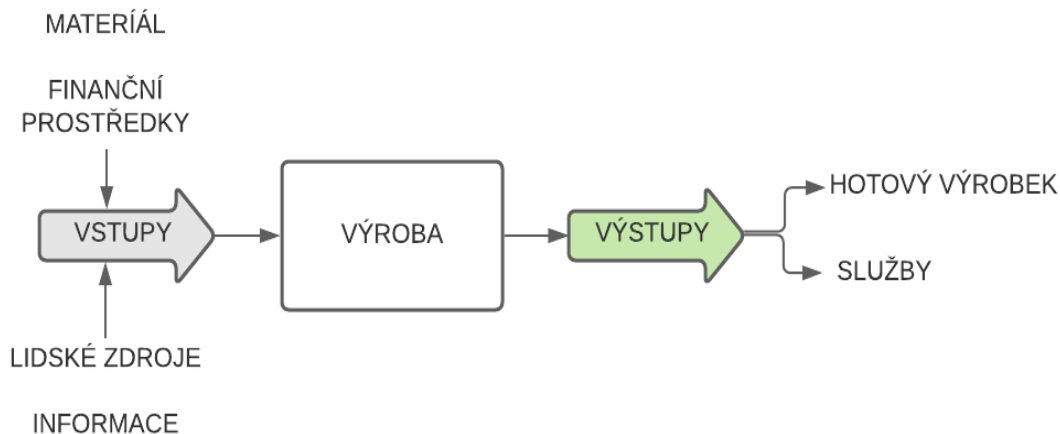
### 3 Normování práce

Normování práce je soubor činností zaměřených na stanovení pracovních norem a kontrolu nad jejich uplatňováním. K zajištění dobré účinnosti podniku jsou nezbytné pracovní normy. Na základě těchto norem lze určit náročnost výroby, vypočítat výrobní náklady, zvolit správnou strategii řízení výroby a stanovit požadovaný počet zaměstnanců. Normování práce se provádí na základě analýzy současného stavu podniku. Analýza identifikuje možnosti zlepšování a optimalizace prostředí pro stanovení nových norem. [10]

#### 3.1 Výrobní procesy

Výrobní proces je souhrn organizačních, technologických a sociálně-ekonomických procesů probíhajících v podniku. Technologické procesy navrhuje technolog. Technolog určuje metody a pořadí zpracování materiálu (polotovaru), nástroje a stroje vhodné pro danou výrobu. Každý výrobek je zhotoven podle technologického postupu. Dokumentace je podrobnější, pokud se vyrábí větší počet kusů. [10]

Výroba je souhrn činností, které mění tvar, vzhled a strukturu vstupního materiálu. Během výroby se vstupy mění na výstupy. Výstupem se rozumí hotový produkt či služba. Služby slouží k uspokojení potřeb zákazníka a jsou nehmotné. Vstupy jsou zdroje, které vstupují do výroby a použijí se ve výrobních procesech. Jsou to peníze, materiál, lidské zdroje apod. V dnešní době jedním z nejzákladnějších cílů společnosti je výrobní produktivita. To znamená dosažení co největšího zisku při nejmenších nákladech. S pojmem produktivita je spojen ukazatel výnosnosti, který lze vyjádřit jako podíl výstupů ku vstupům. Je patrné, že pro firmu je výhodné, aby ukazatel byl co největší. Mezní přípustnou hodnotou je hodnota, při které se vstupy rovnají výstupům a zisk je nulový. [4]



Obrázek 3-1 Vstupy a výstupy výroby [4]

Pro stanovení pracovních norem je nutno se zaměřit na výrobní procesy společnosti. Každý výrobní proces má své vlastnosti, které záleží na poptávkách a objemu výroby. Všechny procesy lze rozdělit na technologické a netechnologické.

Technologické procesy přímo souvisí s výrobou produktu, například montáž ložiska.

Netechnologické procesy jsou podpůrné pro výrobu. Je to manipulace, doprava, seřizování stroje, úklid na pracovišti. [4]



### 3.1.1 Druhy výroby

Výrobu lze rozdělovat podle různých kritérií. Pro analýzu stavu podniku je nezbytné správně definovat, o který druh výroby se jedná.

Podle vyráběného objemu se výroba dělí na kusovou, sériovou a hromadnou.

Tyto druhy se liší nejen počtem vyráběných kusů, ale i technologií. Kusová výroba vyžaduje vysoce kvalifikované a zkušené pracovníky, na druhou stranu hromadná výroba nevyžaduje žádnou kvalifikaci. Hromadná výroba je zpravidla automatizovaná a ruční práce se vyskytuje minimálně.

Podle přístupu se výroba dělí na kontinuální, dávkovou a zakázkovou.

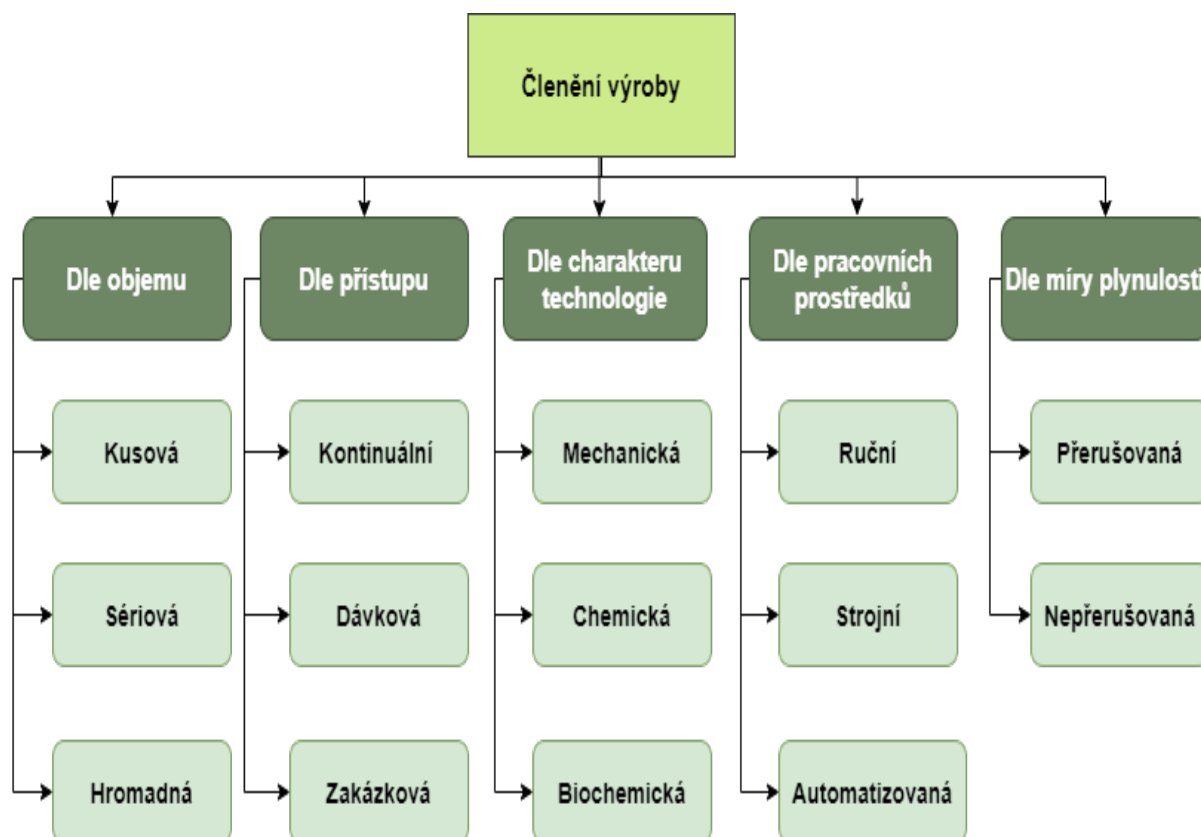
Pod kontinuální výrobou se rozumí výroba, při které se polotovary nepřerušovaně pohybují po lince a neustále mění svůj tvar a vlastnosti. Při dávkové výrobě se produkty vyrábí po dávkách nebo sériích. Při zakázkové výrobě se pracuje jen na jednom výrobku a po jeho dokončení se přechází na druhý. [12]

Dle míry plynulosti:

Nepřerušovaná výroba se uskutečňuje bez zastavení strojů. Stroje se zastavují jen pro nutnou opravu poruch a údržbu.

Při přerušované výrobě mohou být stroje zastaveny pro různé účely, například pro přemístění výrobku na sklad a manipulaci s polotovary. [5]

Podrobnější členění výroby je ukázáno na následujícím obrázku:



Obrázek 3-2 Členění výroby [5]

### 3.1.2 Technologický postup

Zahájení výroby není možné bez přípravy technologického postupu. Technologický postup připravuje technolog. Je to popis všech činností nutných ke zhotovení výrobku. Operace jsou rozepsané v tom pořadí, ve kterém se to bude následně vyrábět. Ke každé operaci je přiděleno konkrétní pracoviště a stroj. Úkolem technologa je stanovit výrobní kapacitu stroje a čas práce. Proto je nezbytné zvolit takové zařízení, na kterém součást bude vyrobena za optimální dobu. Je nutno posoudit, zda je lepší použít stroje, kterými podnik disponuje nebo je potřeba zakoupit nové. V závislosti na druhu výroby může technologický postup obsahovat seznam nástrojů, materiál, způsoby upnutí, požadavky na tepelné zpracování, třídy náročnosti operace. [4]

### 3.1.3 Prostorové uspořádání podniku

Pro stanovení pracovních norem a provedení analýzy současného stavu ve společnosti je důležité se zaměřit na prostorové uspořádání podniku.

Existují 4 základní druhy uspořádání pracovišť ve výrobě:

- Uspořádání buňkové
- Uspořádání předmětné
- Uspořádání technologické
- S pevnou pozicí výrobku

Při buňkovém uspořádání jsou stroje a pracoviště seřazené do jednotlivých buněk. Určité operace výrobního procesu jsou prováděny na stejném místě, proto není potřeba výrobky přemísťovat. Je to velkou výhodou pro pracovníky, kteří mohou být celou směnu na jednom místě.

Při uspořádání s pevnou pozicí výrobku se zařízení a pracovníci přemísťují k výrobku, ale výrobek zůstává na stejném místě. Na stejném místě zůstává i materiál a polotovary. Uspořádání je vhodné pro výrobu, kde je manipulace s výrobkem obtížná, například kvůli jeho rozměrům a váze.

Předmětné uspořádání znamená, že stroje jsou uspořádány tak, aby čas na přemístění výrobku nebo polotovaru byl co nejmenší. Stroje potřebné pro konkrétní druh výrobku jsou umístěny podle pořadí operací v technologickém postupu. Cílem je, aby výrobek byl přemístěn mezi pracovišti co nejrychleji. Takové uspořádání je vhodné pro sériovou a hromadnou výrobu, kde se vyrábí velký počet kusů stejného druhu.

Technologické uspořádání je naopak vhodné pro kusovou výrobu. S výrobkem se manipuluje po jednotlivých pracovištích, které se můžou nacházet daleko od sebe. Proto je vhodné jen pro výrobu malého počtu kusů velmi různých druhů. U sériové výroby by toto uspořádání nemělo smysl, jelikož by docházelo ke ztrátě času kvůli nadbytečné manipulaci. [4]

Linkové uspořádání se používá ve velkosériové a hromadné výrobě. Je to zvláštní druh předmětného uspořádání, při kterém stroje tvoří výrobní linky.

Výrobní linka je seskupení strojů propojených mezi sebou a tvořících jeden celek. V dnešní době jsou linky nejčastěji automatické nebo poloautomatické. Každá linka má stanovený takt.

Montážní linka uskutečňuje montáž. Montáž je souhrn činností pracovníků a strojů, jejichž provedením z jednotlivých komponentů vznikne hotový produkt. Při zvyšování počtu vyráběných kusů dochází ke zvýšení nákladů na ruční montáž, která vyžaduje zkušené pracovníky. Na rozdíl od ruční montáže montážní linky nevyžadují zkušené pracovníky,

protože celý proces montáže je rozdělen na jednoduché úkoly, které je schopný provést člověk bez zkušeností.

Při plné nebo částečné automatizaci linek se zvyšuje produktivita a kvalita výroby a dochází také k výrobě menšího počtu zmetků. [13]

### 3.2 Stanovení norem času

Pracovní normy by měli být hodnocené vzhledem k pracovním podmínkám na určitém zařízení pomocí předepsané technologie. Normy musí být navrženy pro práci za normálních a bezpečných podmínek (teplota a vlhkost okolního vzduchu, hluk, osvětlení). Musí se brát v úvahu i fyzická zátěž pracovníka. [5]

Normativ je norma, zavedena vzhledem k nějaké vlastnosti objektu, například k jeho délce, teplotě, hmotnosti, objemu, ale nikoliv k samotnému objektu. Normativy se vyvíjí ve vědecko-výzkumných laboratořích. Nejčastějším druhem jsou normované časy. [5]

Metody stanovení norem času se dělí na dvě základní skupiny:

- Rozborová metoda,
- Sumární metoda.

#### 3.2.1 Rozborová metoda

Rozborová metoda vyžaduje přímé měření na pracovišti. Tato metoda spočívá v tom, že každá operace se na začátku rozdělí na jednotlivé úseky. Rozdělení musí být tím přesnější, čím je vyšší počet vyráběných kusů. Měřením a stanovením času každého úseku lze určit časovou normu pro celou jednotku. Norma zahrnuje obecně nutné a podmíněčně nutné přestávky.

Mezi rozborové metody patří:

- Rozborově výpočtová metoda,
- Rozborově chronometrážní metoda,
- Rozborově porovnávací metoda.

**Výpočtová metoda** je taková metoda, při které se operace nejprve rozdělí na malé úseky a potom se každý úsek porovná s odpovídající hodnotou ve sbírce pracovních normativů. Součtem dílčích časů obdržíme čas potřebný na celou operaci. Výpočtová metoda je snadná a rychlá, jelikož používá předem připravené normativy. Pomocí této metody lze dosáhnout výsledku v nejkratší době. Výpočtová metoda se nejčastěji používá v sériové a hromadné výrobě, ale může být použita i v kusové výrobě. Před stanovením času je potřeba zkontrolovat, zda výrobní procesy probíhají podle technologického postupu. Je nutno poznamenat použité stroje, nástroje a nářadí. [1]

**Chronometrážní metoda** je taková metoda, při které se normy pro každou jednotlivou část stanovují zároveň pomocí normativů a chronometráže. V některých případech se pro stanovení jednotlivých časů používá jen chronometráž bez použití normativů. Tato metoda je přesnější než rozborově výpočtová metoda, jelikož uvažuje specifické podmínky na daném pracovišti a neopírá se jen na zobecněné normativy. Před zahájením stanovení spotřeby času se stanovuje počet měření. Počet záznamů má přímý vliv na přesnost měření. Je vhodné jej provést u několika zaměstnanců, aby výsledek byl přesnější.

**Porovnávací metoda** spočívá v tom, že jednotlivé části operace jsou porovnány s časy, které jsou již stanoveny u jiného výrobku, který je podobný zkoumanému výrobku svým tvarem, velikostí apod.

Je to méně přesná metoda, protože používá časy a normy pro podobný výrobek, který je zároveň odlišný od zkoumaného výrobku. Proto porovnávací metoda se používá v kusové a malosériové výrobě, kde není kladen tak velký důraz na přesnost. [5]

### 3.2.2 Sumární metoda

Sumární metoda vyžaduje přímé měření na pracovišti, přičemž se operace nerozdělují na úseky. Čas se stanovuje jako celkový, tj. vynaložený na celou operaci. Normy, které jsou stanoveny sumární metodou jsou nepřesné, a proto nepřispívají ke zvyšování efektivity práce. Sumární metoda se dá použít pro stanovení dočasných časových norem. [10]

Mezi sumární metody patří:

- Sumárně porovnávací metoda
- Statistická metoda
- Metoda empirických vzorců
- Metoda sumárního odhadu

Sumárně porovnávací metoda je podobná rozborově porovnávací metodě, ale činnosti nejsou rozdělené na malé úseky. Operace, pro které se stanovuje norma, se porovnávají s podobnými operacemi, pro které již byly časové normy stanoveny. Stejně jako rozborově porovnávací metoda je sumárně porovnávací metoda používaná v kusové a malosériové výrobě.

Statistická metoda je založena na zkoumání časových norem z minulosti. Výroba, pro kterou se stanovuje norma, musí být technologicky podobná výrobě z minulých let.

Metoda empirických vzorců je založena na výpočtu norem času podle různých empirických vzorců.

Metoda sumárního odhadu je metoda, která je založena na pracovních zkušenostech a znalostech pracovníků. Při stanovení normy může dojít k chybě kvůli subjektivnosti, totiž nesprávnému odhadu ze strany pracovníka, který normu určuje.

[1]

### 3.3 Přehled norem

Proces zlepšování ve výrobě je doprovázen analýzou současného stavu a stanovením norem. Při normování práce se používají následující typy norem:

- norma spotřeby času,
- norma výkonu,
- norma obsluhy,
- norma početního stavu,
- norma množství.

#### Norma spotřeby času

Udává čas, potřebný ke splnění či dokončení operace (služby, úkolu, detailu, výrobku) jedním pracovníkem nebo skupinou zaměstnanců ve výrobě. Udává se v minutách, hodinách, člověk-minutách, člověk-hodinách.

#### Norma výkonu

Udává kolik operací (výrobků, služeb) musí být vyrobeno jedním pracovníkem nebo skupinou za jednotku času (za hodinu, minutu, měsíc apod.) Výkon je tedy hodnota nepřímo úměrná spotřebě času. Normy výkonu se stanovují, když se během pracovního dne opakuje

jedna nebo několik stejných činností. Při stanovení normy se berou v úvahu pracovní a organizační podmínky výroby.

### **Norma obsluhy**

Udává počet strojů nebo pracovišť, které musí pracovník nebo skupina pracovníků obsloužit za jednotku času. Může také udávat počet pracovníků potřebných na obsluhu jednoho stroje za stanovenou dobu.

### **Norma početního stavu**

Udává, kolik zaměstnanců určité kvalifikace potřebuje podnik pro splnění jeho cílů a vykonání potřebné práce. Zvláštním druhem této normy je určení počtu zaměstnanců, kteří musí být podřízeni jednomu manažerovi.

### **Norma množství**

Je to zvláštní případ normy výkonu, kde je výkon měřen jako množství vyrobených kusů za jednotku času. Norma množství se nejčastěji stanovuje v sériové a hromadné výrobě, pokud se na jednom pracovišti během směny vyrábí stejná jednotka. [10]

## 4 Analýza současného stavu podniku AIR POWER

Čtvrtá kapitola se zabývá představením společnosti AIR POWER, popisem specifického produktu a montážní linky, na které je realizovaná práce.

### 4.1 Představení společnosti AIR POWER

Společnost AIR POWER s.r.o. byla založena v roce 2001 na základě kontraktu s mezinárodní firmou zabývající se výrobou a prodejem stavebních strojů do celého světa. Nabízí výrobu a testování hotových výrobků. Podílí se také na vývojových aktivitách klienta. Společnost má specializované oddělení testování a vývoje, který umožňuje tvorbu animace a vizualizace produktu. Firma se nachází v průmyslovém areálu Škoda v Plzni. [6]



Obrázek 4-1 Logo společnosti AIR POWER s.r.o. [6]



Obrázek 4-2 AIR POWER s.r.o. [6]

### Popis výroby

Současně společnost provádí montáž 48 typů výrobků. Hotové stroje se zasílají do celého světa s výjimkou Austrálie.

Jedná se o mechanickou malosériovou výrobu. Společnost má jednosměrný 8hodinový provoz. Jednotlivá pracoviště jsou umístěna do montážních linek, tj. podle pořadí operací v technologickém postupu. Montáž se provádí ručně. Pro manipulaci s výrobky a komponenty mezi pracovišti se používají jeřáby a ruční paletové vozíky.

Montážní pracovníci využívají detailní pracovní postupy, ve kterých jsou popsány pracovní pokyny pro dané pracoviště, včetně obrázků a seznamu použitých dílů. [6]

## 4.2 Předmět práce

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou časové náročnosti operací na pracovištích montážní linie pro nový typ výrobku v podniku AIR POWER. Jedná se o ruční dvoububnový vibrační válec RD7 pro zhutňování půdy a asfaltu. Montáž se provádí pro firmu Wacker Neuson. Na výběr jsou 3 druhy motorů: Honda, Hatz a Yanmar. [7]



*Obrázek 4-3 Vibrační válec RD7 Wacker Neuson [7]*

Předmětem bakalářské práce je vyvažování pracovišť na montážní lince D1 pro produkt RD7. Vyvažování se provádí s ohledem na dva další stroje, které se dlouhodobě vyrábí na lince D1. Jedná se kompresor AST720 a dieselový generátor G2X3A.



Obrázek 4-4 Kompresor AST720[6]



Obrázek 4-5 Generátor G2X3A [6]

Postup práce:

- 1) Přímé měření na každém pracovišti metodou snímkování pracovního dne.
- 2) Analýza spotřeby času pro identifikaci ztrát.
- 3) Balancování montážní linie pro válec RD7.
- 4) Kalkulace časových úspor.
- 5) Ověření zvýšení produktivity výroby.

Pro měření je zvolena metoda snímku pracovního dne, která je vhodná pro malosériovou výrobu. Každé pracoviště je změřeno dvakrát pomocí kamery. Výroba válců je časově náročná, proto není vhodné použít přesnější metody předem stanovených časů. Pomocí přímého měření



lze zjistit spotřebu času pro jednotlivé činnosti a zároveň identifikovat ztráty při montáži výrobků.

Dle naměřených dat lze následovně provést analýzu. Analýzou se rozumí rozbor naměřených hodnot na činnosti přidávající/nepřidávající hodnotu a nezbytné činnosti nepřidávající hodnotu. U ztrátových činností je potřeba odhalit příčiny ztrát a navrhnout opatření k zamezení. U produktivních časů je potřeba stanovit spotřebu času pro každou činnost. U nezbytných činností nepřidávajících hodnotu je nutné zjistit potenciál pro úsporu času a stanovit jejich spotřebu času.

Po provedení analýzy lze přistoupit k balancování montážní linky. Balancováním se rozumí vyvážení jednotlivých pracovišť linky pro zkrácení výrobního času, eliminaci úzkých míst a ztrát způsobených čekáním. Cílem je zvýšení výkonu montážní linky. Vyvažování musí být umožněno výrobním postupem a technologií výroby. Z výrobního postupu je nutno zaznamenat, zda na sebe činnosti navazují nebo jsou nezávislé. Jednotlivá pracoviště jsou porovnávána mezi sebou dle spotřeby času pro následovné přesunutí některých operací tak, aby montážní čas na pracovištích byl vyrovnán. Tím dojde k eliminaci prostojů a rovnoměrnému vytížení pracovníků na lince.

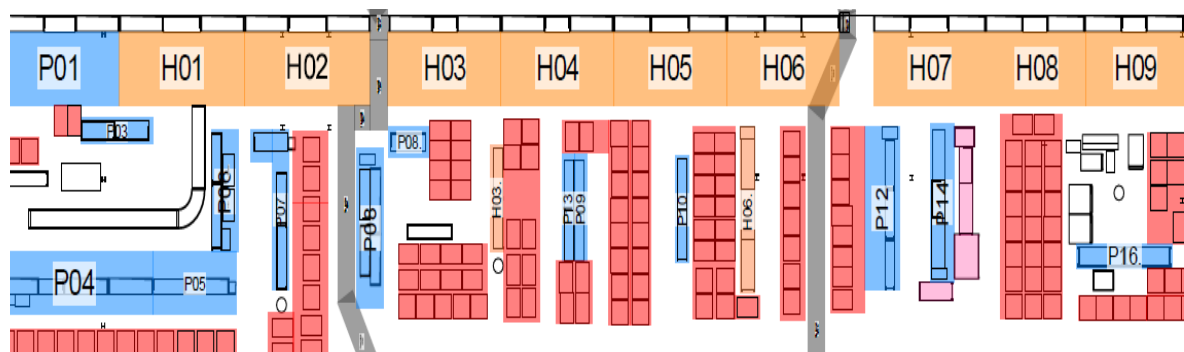
### **Popis pracovišť na lince**

Aktuálně se montáž válce provádí na linii D1. Tato linka se skládá z 9 hlavních pracovišť. Do linky celkem vstupuje 14 přípravných pracovišť. Přípravná pracoviště jsou podpůrná pro hlavní pracoviště. Linka začíná pracovištěm H01 a končí H09. Každé pracoviště je obsazeno jedním pracovníkem.

Pro montáž válce RD7B je na linii D1 využito 8 hlavních pracovišť, označených písmeny H01, H02, H03, H05, H06, H07, H08, H09. Pracoviště H04 tedy není využito. Podsestavy se montují na 5 přípravných pracovištích, označených písmeny P03, P04, P09, P12 a P16. Na přípravných pracovištích se provádí předmontáž hydromotorů s běhouny, základní desky, zvedacího rámu a čerpadel. Podsestavy jsou montovány dopředu, aby nenarušovaly tok montážní linky D1. To znamená, že takt linky pro výrobu RD7B je dán pouze hlavními pracovišti.

Každé pracoviště pro výrobu válce se skládá z pracovního stolu a regálů, na kterých je umístěno nářadí a komponenty pro montáž. Některá pracoviště jsou vybavena jeřábem pro manipulaci s výrobkem.

Uspořádání pracovišť ve výrobní hale podniku je zobrazeno na layoutu linky:

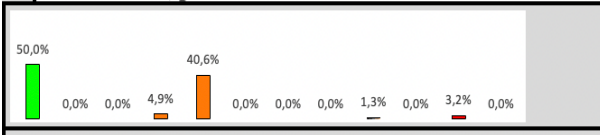


Obrázek 4-6 Layout výrobní linky

### 4.3 Spotřeba času na jednotlivá pracoviště

Pro měření spotřeby času byla zvolena metoda snímkování pracovního dne. Měření na všech pracovištích montážní linie bylo provedeno dvakrát pomocí kamery a následně byl stanoven průměr naměřených hodnot. Měření probíhalo na všech pracovištích, kde se provádí montáž vibračního válce. Dle požadavku společnosti příprava materiálu ze skladu, odvoz hotových výrobků a testování nejsou započítané.

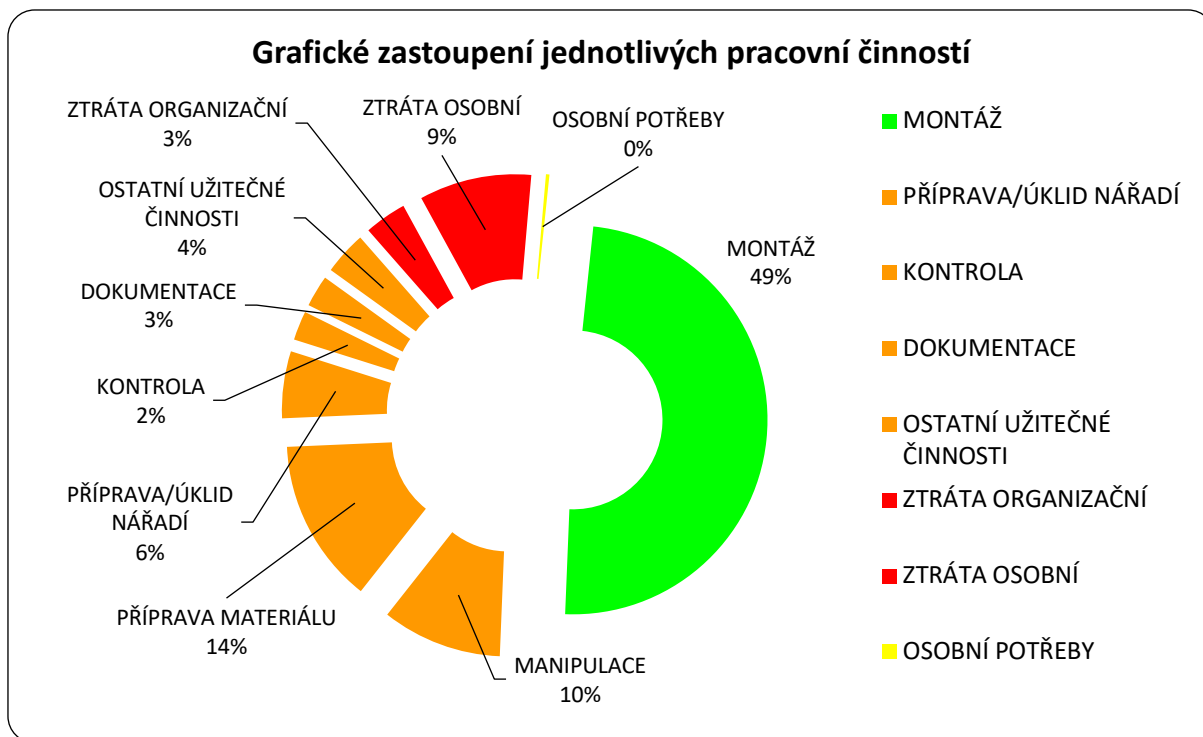
Pro každé pracoviště byla provedena analýza snímkování, která spočívala v rozdělení všech činností na daném pracovišti na činnosti přidávající/nepřidávající hodnotu a nezbytné činnosti nepřidávající hodnotu. Záměrem je odhalení ztrát, které jsou vykresleny ve snímku červenou barvou. Rozlišují se ztráty osobní a organizační. Osobní ztráty způsobuje pracovník, například když hovoří s kolegou. Organizační ztráty nejsou přímo ovlivněné pracovníkem. Je to například čekání na přivezení materiálu ze skladu.



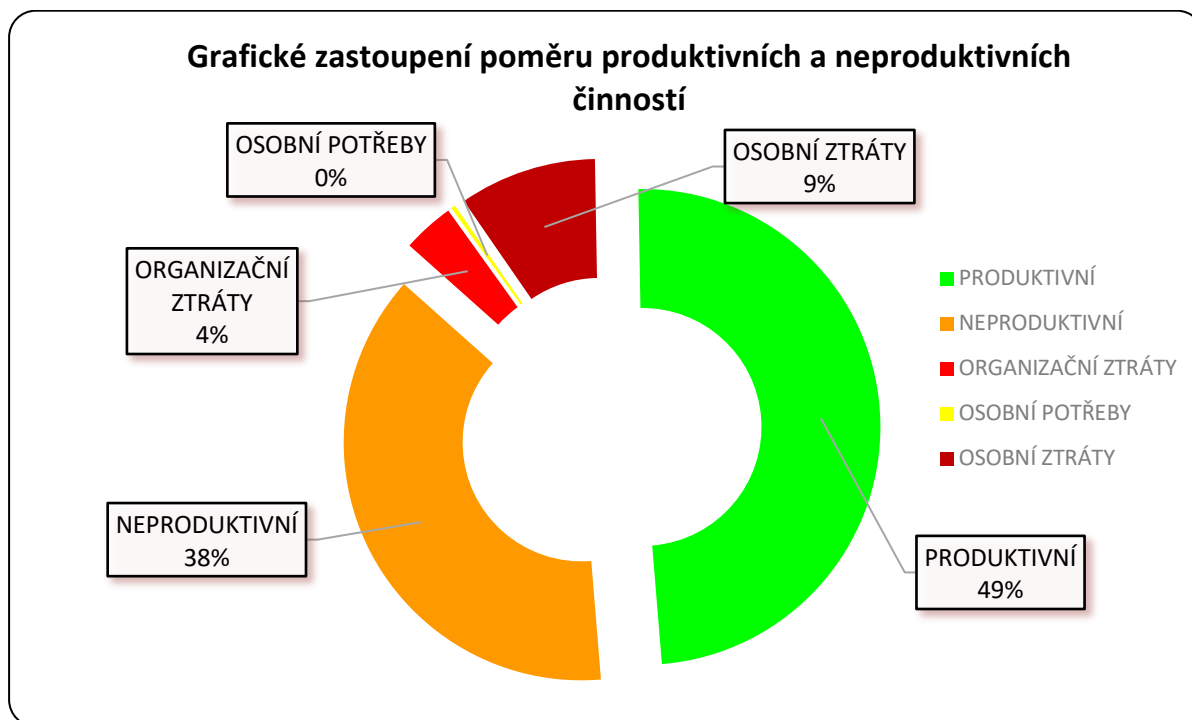
Popis úkonu	Časová náročnost			Pozice	Montáž	
	Lg %	h:min:sec	min			
Začátek měření		0:0:0			1 6.5	
Příprava materiálu	100	0:00:40	0:00:40	0,67	3	Příprava materiálu
Rozhovor s kolegou	100	0:00:50	0:00:10	0,17	13	Ztráta osobní
Rozbalení hřídele	100	0:01:07	0:00:17	0,28	3	Příprava materiálu
Manipulace s hřídeli	100	0:01:20	0:00:13	0,22	2	Manipulace
Čištění na mycím stole	100	0:02:00	0:00:40	0,67	3	Příprava materiálu
Manipulace s hřídeli	100	0:02:13	0:00:13	0,22	2	Manipulace
Rozbalení materiálu	100	0:02:49	0:00:36	0,60	3	Příprava materiálu
Foukání tělesa vibrátoru	100	0:03:05	0:00:16	0,27	3	Příprava materiálu
Manipulace s hřídeli	100	0:03:17	0:00:12	0,20	2	Manipulace
Montáž ložiska a vodící tyčky na hřídel	100	0:04:28	0:01:11	1,18	1	Montáž
Montáž hřídeli do tělesa vibrátoru	100	0:05:25	0:00:57	0,95	1	Montáž
Příprava materiálu	100	0:06:20	0:00:55	0,92	3	Příprava materiálu
Nanesení lepidla	100	0:06:27	0:00:07	0,12	1	Montáž
Montáž hydromotoru	100	0:07:50	0:01:23	1,38	1	Montáž
Rozhovor s kolegou	100	0:08:05	0:00:15	0,25	13	Ztráta osobní
Montáž hydromotoru	100	0:08:55	0:00:50	0,83	1	Montáž

Obrázek 4-7 Analýza spotřeby času dle snímku

Po rozdělení všech činností byl vytvořen prstencový graf, vyjadřující jejich procentuální zastoupení pro všechna pracoviště:



Obrázek 4-8 Zastoupení všech činností na pracovištích



Obrázek 4-9 Poměr produktivních a neproduktivních činností

Z grafu je patrné, že čistá montáž výrobku činí 49 %. Celkové ztráty činí 13 %.

<b>PRODUKTIVNÍ</b>	<b>6,44</b>
<b>NEPRODUKTIVNÍ</b>	<b>4,98</b>
<b>ORGANIZAČNÍ ZTRÁTY</b>	<b>0,46</b>
<b>OSOBNÍ POTŘEBY</b>	<b>0,04</b>
<b>OSOBNÍ ZTRÁTY</b>	<b>1,23</b>
<b>ZŮSTATEK ČLOVĚKOHODIN PO ODEČTENÍ OSOBNÍCH POTŘEB, OSOBNÍCH ZTRÁT PRACOVNÍKA A ORGANIZAČNÍCH ZTRÁT</b>	<b>12,75</b>
<b>ZTRÁTY + OSOBNÍ POTŘEBY</b>	<b>1,73</b>

Obrázek 4-10 Časová spotřeba dle snímkování

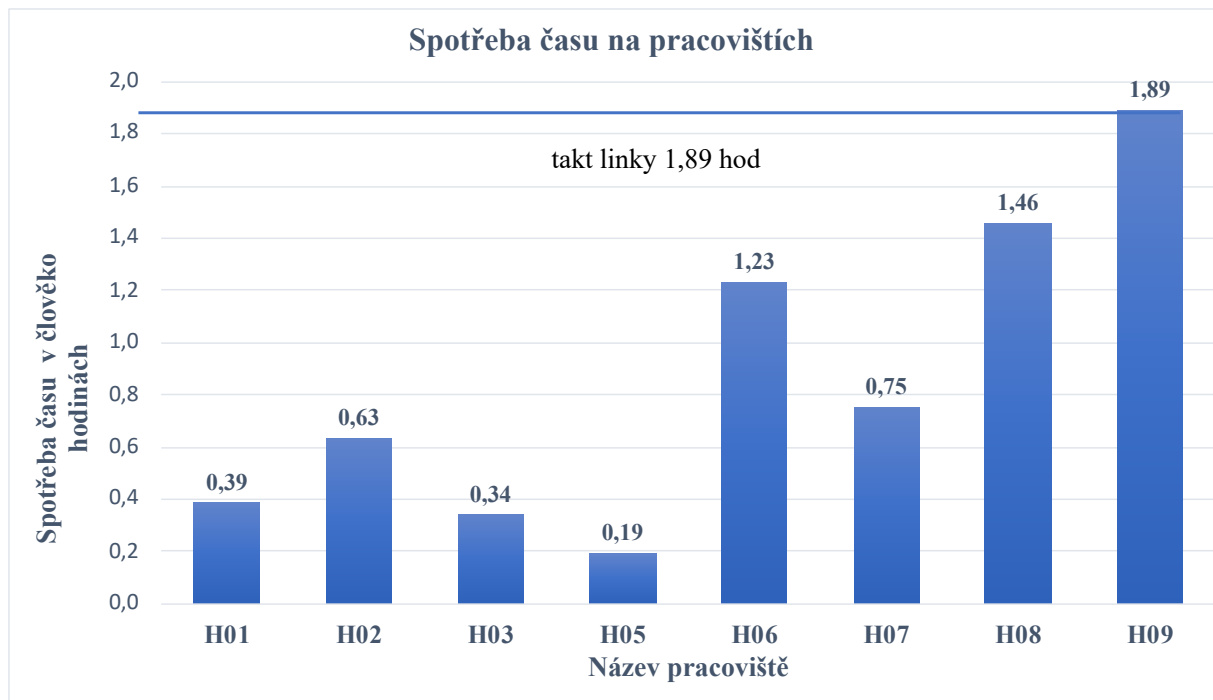
Po odečtení osobních ztrát, organizačních ztrát a osobních potřeb celkový čas pro výrobu jednoho válce činí 12,75 člověkohodin.

Výrobní časy pro jednotlivá pracoviště linie jsou zobrazené v tabulce:

Tabulka 4-1 Změřený čas na pracovištích

Název pracoviště	H01	H02	H03	H05	H06	H07	H08	H09	P03	P04	P09	P12	P16
<b>Spotřeba času v člověkohodinách</b>	0,39	0,63	0,34	0,19	1,23	0,75	1,46	1,89	0,65	2,83	0,71	0,58	1,10
<b>Spotřeba času v člověkominutách</b>	23,2	38,09	20,4	11,53	73,8	45,06	87,58	113,4	38,99	169,6	42,73	35,01	65,87

Čas, spotřebovaný pro montáž na hlavních pracovištích je velmi odlišný. Následující graf pojednává o současné nevyrovnanosti spotřeby času:



Obrázek 4-11 Čas montáže na pracovištích linie D1

Na každém hlavním pracovišti linie se nachází jeden pracovník.

Z grafu je patrné, že největší spotřebu času na linii D1 má pracoviště H09. Je to tedy kritickým místem. V dalších krocích práce je cílem tuto spotřebu času snížit a dosáhnout rovnoměrného využití pracovníků na linii.

## 5 Vyvažování montážní linie

V přechozí kapitole při vyhodnocení spotřeby času na pracovištích montážní linky D1 bylo zjištěno, že čas na jednotlivých pracovištích je odlišný. Úzkým místem je pracoviště H09, na kterém se shromažďují výrobky a vznikají fronty. Na ostatních pracovištích pak vznikají časové prostoje. V tomto stavu se vyrobí méně kusů za směnu.

Úkolem je vyrovnat čas montáže na jednotlivých pracovištích tak, aby byl co nejrovnoměrnější. Proces vyvažování závisí na výrobním postupu, technologii výroby a vybavenosti pracovišť. Tohoto lze docílit rozdělením celkové spotřeby času na každém pracovišti na dílčí operace nebo činnosti, a následovným přesunutím některých činností z pracovišť s větší spotřebou na vedlejší pracoviště, kde spotřeba času je menší.

Spotřeba času, zjištěná pomocí snímkování pracovního dne byla ovšem ovlivněná výkonností pracovníka. Při snímkování některé pracovníci byli nervózní kvůli použití kamery a častěji dělali chyby při montáži. Z toho důvodu byl zvolen detailnější rozbor položek kusovníku a přiřazení časové náročnosti ke každé položce. Analýza dle kusovníku je tedy přesnější než snímkování pracovního dne, protože není ovlivněná výkonem. K vyšší přesnosti dochází také díky vyššímu počtu měření (10 oproti 2). Hlavními pomůckami pro provedení podrobné analýzy je kusovník a pracovní postup.

Každá položka v kusovníku má svůj název, sériové číslo a množství. Všechny položky jsou vázány ke konkrétnímu pracovišti. Na obrázku je uveden příklad položek, které jsou použité pro montáž válce RD7B na pracovišti H01:

Tabulka 5-1 Ukázka kusovníku

SKP	CPN	Název	Mnozst	Pracovišt
RD7B	92304351-A	ŠROUB ŠESTIHRANNÝ M8 x 30	6	H01
RD7B	AP200019-A	HRDLO, GE10LR3/8EDOMDCF, PARKER	4	H01
RD7B	AP200168-A	ŠROUB, M8 x 90, ISO 4762, 8.8, POZINK, WÜRTH, 0084 8 90	2	H01
RD7B	AP200176-A	ŠROUB, M8x40, ISO 4762, 8.8, POZINK, WÜRTH, 414958 40	4	H01
RD7B	AP200201-A	ZÁTKA, VSTI10X1EDCF, PARKER	5	H01
RD7B	AP200323-A	ZÁTKA, VSTI16X1.5EDCF, PARKER	2	H01
RD7B	AP200499-A	ŠROUB, M6x12, ISO 4762, 8.8, POZINK, WÜRTH, 0084612	2	H01
RD7B	AP200683-A	SPOJKA VIBRÁTORU, KR 40, EN 10278, 12 050	1	H01
RD7B	AP200685-A	HŘÍDEL VIBRÁTORU 22309, C45, EN 10277-2	1	H01

OMS je pracovní postup určený pro pracovníka na daném pracovišti. V tomto postupu jsou znázorněny veškeré operace potřebné pro správnou montáž zařízení. Pro každou operaci je uveden seznam potřebných komponent se sériovým číslem a množstvím. Postup je zároveň doplněn o grafickou vizualizaci provedené operace, viz obrázky:



Druh stroje	Pracoviště	Operace
-------------	------------	---------

RD7B	H01	10
------	-----	----

Zkontroluj práci provedenou na předchozím pracovišti:

Zkontroluj po sobě svoji práci:

**Podis práce:**

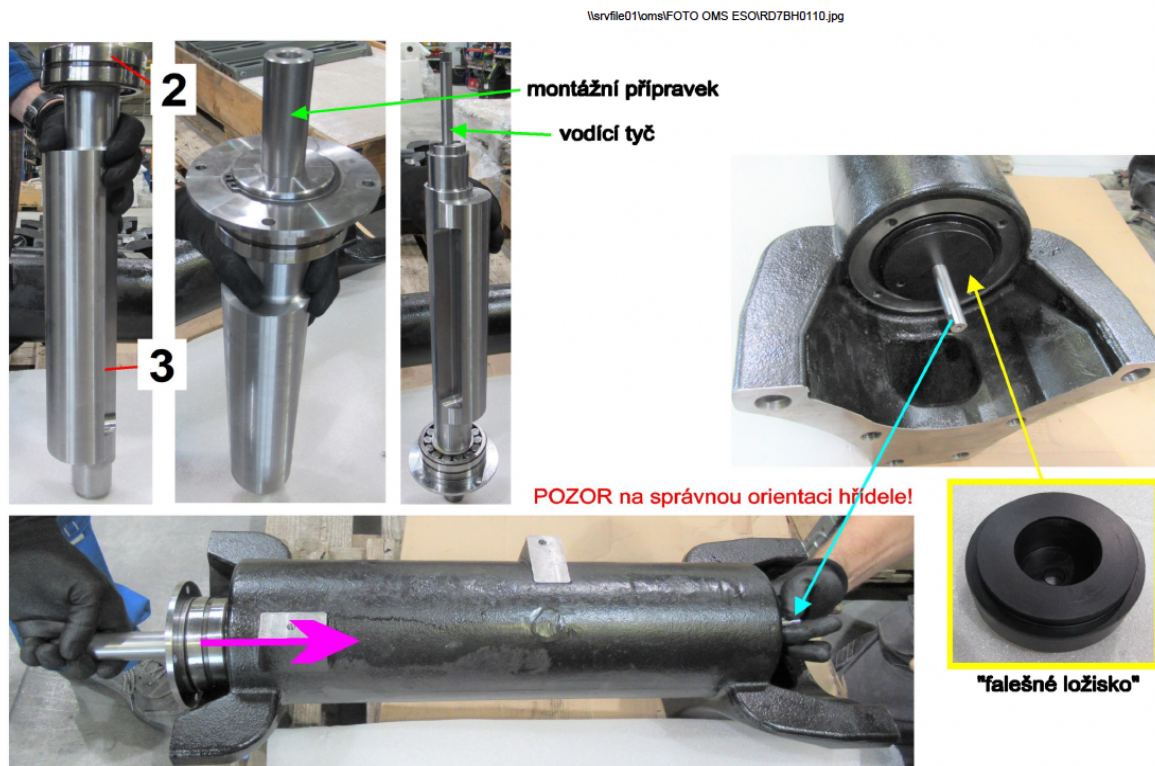
Vezmi hřídel vibrátoru a očisti na mycím stole, pak důkladně otiř.  
Na hřídel vibrátoru nasuň ložisko a přišroubuj k ní narážecí přípravek. Pak provlékni hřídel s ložiskem do tělesa vibrátoru.  
Na druhé straně skříně (kde bude hydromotor) našroubuj vodící tyčku na hřídel a naveď ji pomocí přípravku ("falešné ložisko") dovnitř příruby skříně.

**Použité nástroje:**

**Bezpečnost:**

POZ.	CPN	MNOŽ	NÁZEV	POUŽIT PRO	NEI
2	AP200690-A	1,000 KS	LOŽISKO SOUDEČKOVÉ DVOUŘADÉ, 22309 EM W33 Wl Krabička DH.01.04.4	BASIC	
3	AP200685-A	1,000 KS	HŘÍDEL VIBRÁTORU 22309, C45, EN 10277-2	Karta DH.01.1	BASIC

Obrázek 5-1 Ukázka technologického postupu



Obrázek 5-2 Grafická vizualizace operací v postupu

## **5.1 Parametrizace a kategorizace komponent**

Důležitým krokem pro balancování montážní linky je podrobná analýza spotřeby času pro všechny položky kusovníku.

V této kapitole budou popsány metody parametrizace a kategorizace, které jsou užitečné pro rozčlenění jednotlivých komponent do skupin dle společných charakteristik a podrobné spotřeby času.

### **5.1.1 Parametrizace**

Parametrizace spočívá v hledání závislosti spotřeby času na různých parametrech nebo faktorech. Tyto faktory mají vliv na čas montáže jednotlivých komponent. Parametrizace je tedy vstupem pro kategorizaci. Proces parametrizace se provedl pomocí měření spotřeby času montáže dílčích komponent. Nejprve se zvolily položky stejného charakteru, například šrouby. Pak se změnil čas, vynaložený na montáž odlišných šroubů, například různé délky. Pokud se čas lišil, tak délka byla považována za ovlivňující parametr a šrouby se pak rozdělily do dvou různých kategorií. Pokud se čas lišil jen minimálně, tak kategorie byla stanovena pro určitý rozsah komponent.

### **5.1.2 Kategorizace**

Kategorizace spočívá v zařazení podobných komponent do kategorií na základě specifických parametrů. Kategorie jsou tedy skupiny, do kterých patří podobné položky. Spotřeba času pro kategorii znamená stejnou spotřebu času pro všechny položky patřící k této kategorii.

Celý kusovník je roztríděn na kategorie na základě předchozí parametrizace:



Tabulka 5-2 Třídění položek v kusovníku na kategorie

CPN	Název	Množství	Kategorie název	Kategorie_kód
92061506-A	PODLOŽKA PLOCHÁ M12	4	16.09.00.00	Podložky
92096031-A	ŠROUB ŠESTIHRANNÝ M6 x 16	2	16.20.00.00	Šrouby šestihřanné do M16
92304559-A	MATICE POJISTNÁ,PHILIDAS M8	2	16.27.00.00	Matice pojistné
92304567-A	MATICE POJISTNÁ,PHILIDAS M10	4	16.27.00.00	Matice pojistné
92341981-A	PODLOŽKA PLOCHÁ M6 TYP B	2	16.09.00.00	Podložky
95935037-A	PODLOŽKA PLOCHÁ M10	4	16.09.00.00	Podložky
96701396-B	PODLOŽKA PLOCHÁ M8	8	16.09.00.00	Podložky
96702261-B	ŠROUB ŠESTIHRANNÝ M8 x 35	2	16.20.00.00	Šrouby šestihřanné do M16
96702311-A	ŠROUB ŠESTIHRANNÝ M12 x 30	4	16.20.00.00	Šrouby šestihřanné do M16
AP200155-A	SPOJKA MOTORU, HMFKPSABB15, BONDIOLI PAVESI	1	02.02.00.00	Spojky
AP200205-A	PODLOŽKA, PR 10, DIN 127 - A, POZINK, WÜRTH, 0441 910	4	16.09.00.00	Podložky
AP200211-A	ŠROUB, M8x25, ISO 4762, 8.8, POZINK, WÜRTH, 414958 25	4	16.20.00.00	Šrouby šestihřanné do M16
AP200241-C	MOTOR SPALOVACÍ, GX390UT2-SX-Q4-OH, HONDA, #5100006348	1	02.01.00.00	Vznětové motory
AP200290-F	DESKA ZÁKLADOVÁ HONDA, SVAREK	1	21.01.00.00	Rámy
AP200290-F	MATICE NAVAŘOVACÍ, M12, DIN 929, WÜRTH, 0399 12	4	16.26.00.00	Matice šestihřanné
AP200290-F	DRŽÁK RAMENE, P 10, S235JR	1	21.03.00.00	Držáky, podpěry
AP200290-F	DRŽÁK GUMOKOVU, P 6, S235JR	4	21.03.00.00	Držáky, podpěry
AP200290-F	DESKA ZÁKLADOVÁ HONDA, P 8, S235JR	1	21.01.00.00	Rámy
AP200292-B	DRŽÁK MOTORU HONDA	1	21.03.00.00	Držáky, podpěry
AP200403-A	ŠROUB, M6x10, DIN 914, POZINK, WÜRTH, 02560610	1	16.20.00.00	Šrouby šestihřanné do M16
AP200567-A	ŠROUB, M10x50, ISO 4014, 8.8, POZINK, WÜRTH, 00531050	4	16.20.00.00	Šrouby šestihřanné do M16
AP200587-C	DRŽÁK, P 3, S235JR	1	21.03.00.00	Držáky, podpěry
AP200648-A	ŠROUB VYPOUŠTĚCÍ, M12x1,5, SB 6090010003 + CHAIN, FEMCO	1	16.20.00.00	Šrouby šestihřanné do M16
AP200666-A	ŠROUB IMBUS, M8x70, ISO 4762, 8.8, POZINK, WÜRTH, 0084 08 70	1	16.20.00.00	Šrouby šestihřanné do M16
AP200672-A	TRUBKA, KR 15, EN 10278, S235	1	30.02.00.00	Trubky nasouvací
AP200673-A	KROUŽEK VYMEZOVACÍ, KR 25, POM-C	1	10.11.00.00	Podložky plastové

Z tabulky je vidět, že každá kategorie má vlastní název a kód. Osmimístné kódování zajišťuje vhodnou kompatibilitu s podnikovým informačním systémem společnosti AIR POWER a obdobným dělením z dřívějších projektů podniku.

Po zařazení všech komponent do jednotlivých skupin bylo následovně provedeno měření pro každou kategorii pomocí stopek. Počet měření byl stanoven na 10, aby byla zajištěna přesnost výsledků. Změřil se čas pro přípravu komponenty a čas montážní. Přípravný čas souvisí s přípravou a manipulací komponenty pro montáž, tj. spadají do něj činnosti podpůrné nepřidávající hodnotu. Do času kusového spadá samotná montáž dané komponenty, tj. jsou to činnosti přidávající hodnotu. Čas operace je tedy jejich součtem. Ukázkové měření pro kategorii „Šrouby se šestihřannou hlavou do M16“ je popsáno v tabulce:

Tabulka 5-3 Měření spotřeby času pro danou kategorii

Kategorie_název	Kategorie_kód	Číslo měření	Čas_příprava	Čas_kusový	Čas_operace
16.20.00.00	Šrouby šestihřanné do M16	1	0,29	0,24	
		2	0,3	0,27	
		3	0,27	0,25	
		4	0,31	0,26	
		5	0,33	0,26	
		6	0,28	0,23	
		7	0,32	0,25	
		8	0,28	0,24	
		9	0,29	0,26	
		10	0,33	0,24	
		Průměr	0,3	0,25	0,55

Pokud při měření času pro komponentu spadající do dané skupiny vznikla značná odchylka, tak se provedlo kontrolní měření. Po měření bylo rozhodnuto, zda se jedná o náhodnou chybu měření, případně zda byla komponenta zařazena do jiné skupiny.

V rámci třídění položek do skupin a měření spotřeby času bylo zjištěno, že některé operace se nevztahují ke komponentám v kusovníku a nemají CPN. Každopádně navyšují celkovou spotřebu času. Příkladem je operace 10 na pracovišti H05:



Druh stroje Pracoviště Operace

RD7B H05 10

Zkontroluj práci provedenou na předchozím pracovišti:

Zkontroluj dané option na průvodce stroje.

Zkontroluj po sobe svoji práci:

Popis práce:

Z pracoviště P09 vezmi správnou vystrojenou základovou desku.  
 Volné konce hadic protáhni otvory v desce dle OBR..  
 Spojení desky s podvozkem - viz další operace.

Použité nástroje:

Bezpečnost:

Práce s jeřábem - použij c

POZ.CPN MNOŽ NÁZEV POUŽIT PRO NEI

Obrázek 5-3 Ukázka operací bez sériového čísla

Takové operace tvoří samostatné kategorie:

Tabulka 5-4 Ukázka samostatných kategorií

CPN	Název	Mnozství	Kategorie_ název	Kategorie_kód
	Z pracoviště P09 vezmi správnou vystrojenou základovou desku.	1	99.01.00.00	Přesun z/na jiné pracoviště
	Volné konce hadic protáhni otvory v desce dle	1	99.03.00.00	Protážení kabelu, hadice
	Dorazy omezovače zdvihu zajisti pomocí šroubů	2	99.12.00.00	Utáhni na moment/Dotáhni
	Na olejový filtr napoj hadici z pístového čerpadla.	1	99.07.00.00	Připojení hadic, trubek
	Převlečné matice dotáhni prsty na doraz, a poté je	1	99.12.00.00	Utáhni na moment/Dotáhni
	Očisti a odmastí hrdla a hydraulické trubky.	1	99.14.00.00	Mazání

Čas přípravný v takovém případě je nulový a čas operace je roven času kusovému.

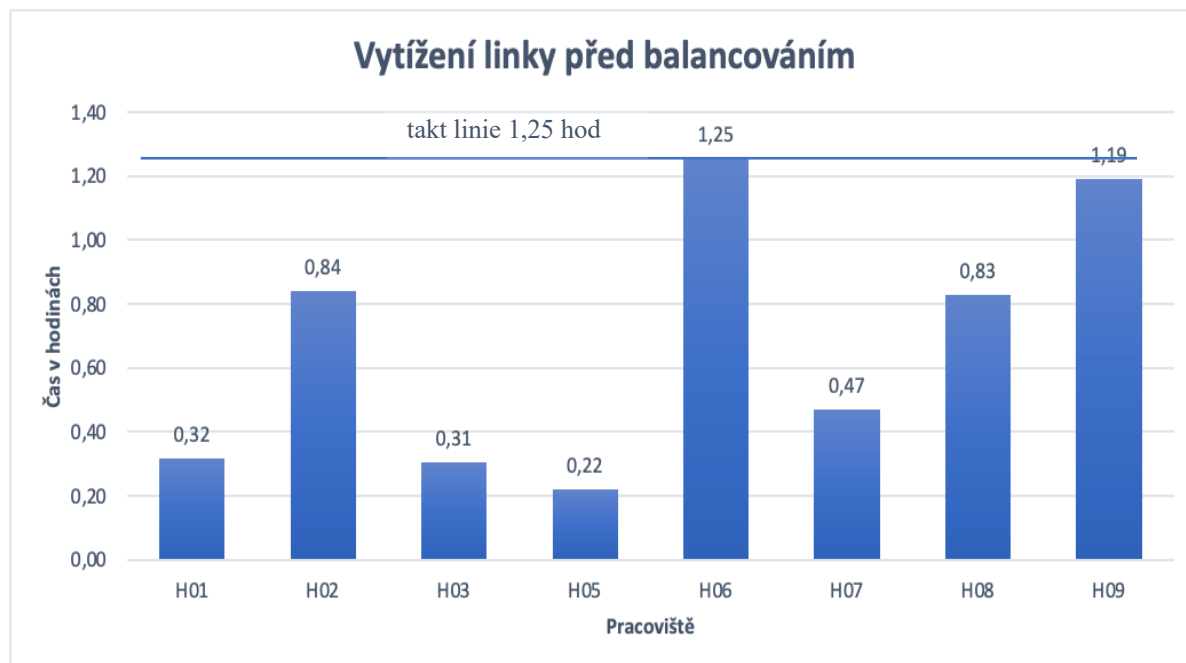
### 5.1.3 Spotřeba času po kategorizaci

Po kategorizaci z kusovníku vznikla tabulka, která obsahuje veškeré komponenty a operace, které nemají sériové číslo včetně jejich spotřeby času:

Tabulka 5-5 Výsledná tabulka po kategorizaci

CPN	Název	Mnozství	Kategorie_ název	Kategorie_kód	Čas_příp rava	Čas_kuso vý	Čas_oper ace
92061506-A	PODLOŽKA PLOCHÁ M12	4	16.09.00.00	Podložky	0,21	0,08	0,53
92096031-A	ŠROUB ŠESTIHRANNÝ M6 x 16	2	16.20.00.00	Šrouby šestihřanné do M16	0,3	0,25	0,8
92304559-A	M8	2	16.27.00.00	Matice pojistné	0,26	0,27	0,8
92304567-A	M10	4	16.27.00.00	Matice pojistné	0,26	0,27	1,34
92341981-A	PODLOŽKA PLOCHÁ M6 TYP B	2	16.09.00.00	Podložky	0,21	0,08	0,37
95935037-A	PODLOŽKA PLOCHÁ M10	4	16.09.00.00	Podložky	0,21	0,08	0,53
96701396-B	PODLOŽKA PLOCHÁ M8	8	16.09.00.00	Podložky	0,21	0,08	0,85
96702261-B	ŠROUB ŠESTIHRANNÝ M8 x 35	2	16.20.00.00	M16	0,3	0,25	0,8
96702311-A	30	4	16.20.00.00	M16	0,3	0,25	1,3
AP200155-A	HMFKPSABB15, BONDIOLI PAVESI	1	02.02.00.00	Spojky	0,6	0,32	0,92
AP200205-A	PODLOŽKA, PR 10, DIN 127 - A, POZINK, WÜRTH, 0441 910	4	16.09.00.00	Podložky	0,21	0,08	0,53
AP200211-A	ŠROUB, M8x25, ISO 4762, 8.8, POZINK, WÜRTH, 414958 25	4	16.20.00.00	Šrouby šestihřanné do M16	0,3	0,25	1,3
AP200241-C	GX390UT2-SX-Q4-OH, HONDA, #5100006348	1	02.01.00.00	Vznětové motory	3,61	0,19	3,8
AP200290-F	DESKA ZÁKLADOVÁ HONDA, SVAREK	1	21.01.00.00	Rámy	3,38	0	3,38
AP200290-F	MATICE NAVAŘOVACÍ, M12, DIN 929, WÜRTH, 0399 12	4	16.26.00.00	Matice šestihřanné	0,28	0,21	1,12
AP200290-F	DRŽÁK RAMENE, P 10, S235JR	1	21.03.00.00	Držáky, podpěry	0,24	0,19	0,43
AP200290-F	DRŽÁK GUMOKOVU, P 6, S235JR	4	21.03.00.00	Držáky, podpěry	0,24	0,19	1
AP200290-F	DESKA ZÁKLADOVÁ HONDA, P 8, S235JR	1	21.01.00.00	Rámy	3,38	0	3,38
AP200292-B	DRŽÁK MOTORU HONDA	1	21.03.00.00	Držáky, podpěry	0,24	0,19	0,43
AP200403-A	ŠROUB, M6x10, DIN 914, POZINK, WÜRTH, 02560610	1	16.20.00.00	Šrouby šestihřanné do M16	0,3	0,25	0,55

Po sečtení časů operací pro každé pracoviště vzniká celková spotřeba času. Výsledná spotřeba v člověkohodinách po kategorizaci je vizualizována v následujícím grafu:



Obrázek 5-4 Spotřeba času dle parametrizace

Při porovnání daného grafu a grafu, který vznikl měřením času pomocí snímkování (viz kapitola 1) je vidět, že se spotřeba času lehce liší. Po provedení parametrizace a kategorizace spotřeba času na některých pracovištích vyšla nižší než po snímkování, například na pracovišti H01 je to 0,32 hodiny oproti 0,39. Lze tak říci, že tyto rozdíly jsou ovlivněny výkonem pracovníka, který nelze přesně stanovit. Výkon má vliv na měření pomocí snímkování, proto stanovení spotřeby času dle parametrizace je přesnější. Pro balancování montážní linky pro výrobu válce RD7B je použita spotřeba času dle kategorizace. Celková spotřeba pro osm hlavních pracovišť činí 5,43 člověkohodin.

Obrázek 5-4 znázorňuje, že se na linii vyskytují úzká místa, na kterých se vytváří fronty. Úkolem je zvýšení průtoku v místech s největší spotřebou času.

## 5.2 Balancování výrobní linky

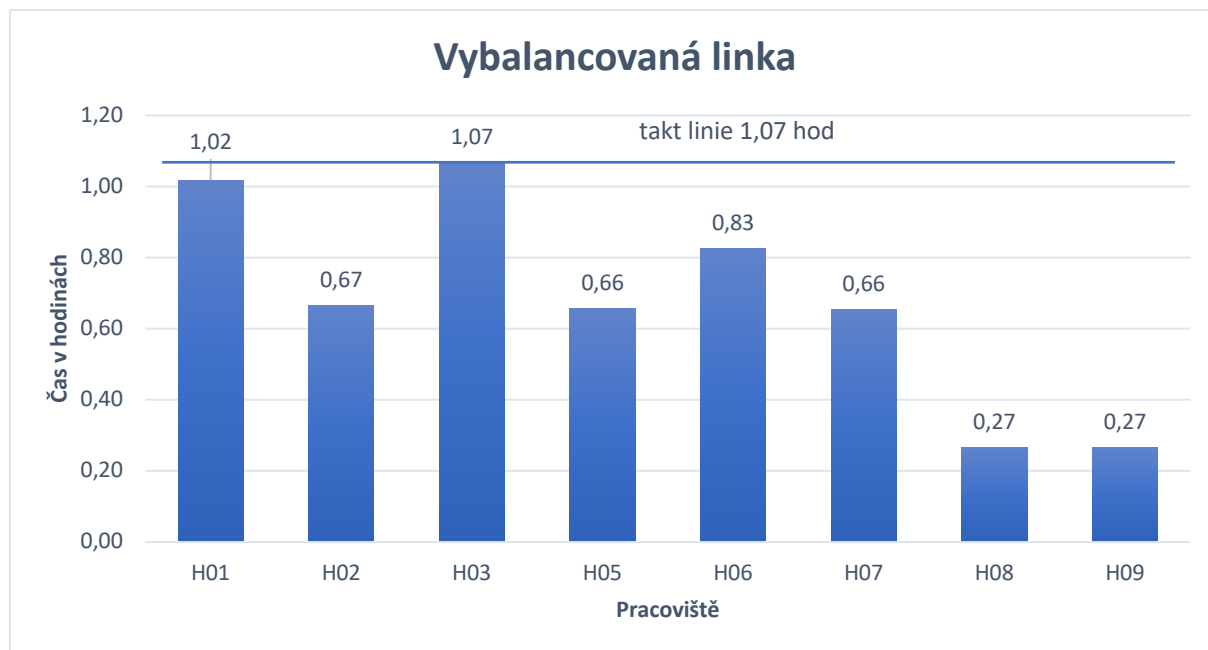
Pomocí vyvažování montážní linky lze docílit časových a peněžních úspor díky zachování nejnižšího možného taktu linky.

Při balancování linky došlo k přesunu operací tak, aby čas na vedlejších pracovištích byl přibližně stejný. Balancování proběhlo s ohledem na výrobu dvou dalších produktů na linii D1. Je zřejmé, že spotřeba času nemůže být všude stejná vzhledem k tomu, že technologický postup neumožňuje přemístění některých činností na jiná pracoviště.

V následující kapitole je detailně popsán pomocný nástroj, vytvořený v aplikaci Microsoft Excel pro balancování linky pro výrobu produktu RD7B.

### 5.2.1 Varianta A

Balancování se provádělo tak, že z pracoviště s větší spotřebou času se přesunuly některé operace na předchozí nebo následující pracoviště s menší spotřebou času, a to s ohledem na vybavení pracovišť. Ve výsledku došlo ke snížení taktu linky, což znázorňuje Obrázek 5-5:



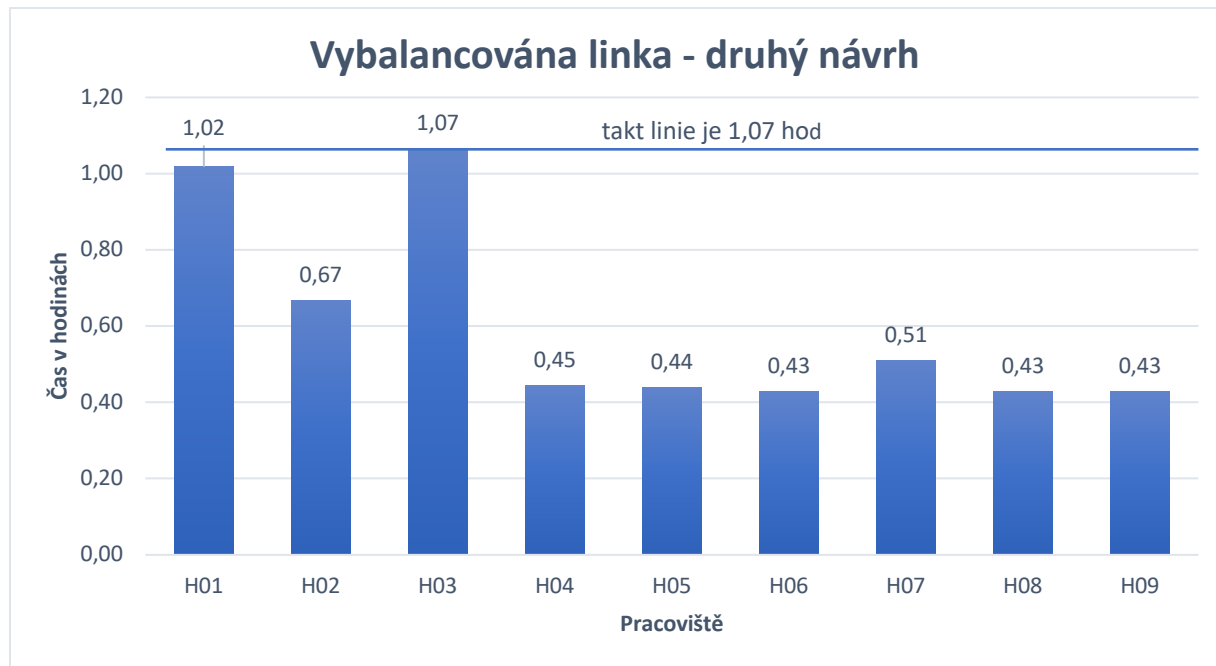
Obrázek 5-5 Vybalancovaná linka D1

Takt linky se po balancování snížil, což má pozitivní vliv na průtok linky. Úzké místo se přesunulo na pracoviště H03, na němž se provádí kompletní montáž motoru. Technologický postup neumožňuje přesun dalších činností z H03 na vedlejší pracoviště, protože by došlo ke zbytečným manipulacím s motorem pomocí jeřábu mezi pracovišti.

Jak již bylo zmíněno dříve, na montážní linii D1 se provádí montáž dalších dvou výrobků. Na pracovištích H08 a H09 se provádí časově náročná montáž krytů a kapot pro kompresory AST720 a generátory G2X3A. Cílem bylo uspořit čas na posledních pracovištích, aby se vyrovnal tok pro výrobu kompresorů a generátorů a netvořily se fronty. Počet pracovníků zůstal stejný.

### 5.2.2 Varianta B

V současné době se montážní linky pro válec RD7B skládá z 8 pracovišť. Pracoviště H04 není zatím využito pro montáž válce. Dalším návrhem je přidání pracoviště H04 pro výrobu produktu RD7B, na kterém se již nachází pracovník a provádí montáž kompresorů a generátorů. Přidáním pracoviště H04 dojde k rovnoměrnějšímu vytížení montážníků na linii D7. Při implementaci varianty B nejsou nutné úpravy ve vybavení pracoviště H04. Výsledek je znázorněn v následujícím grafu:



Obrázek 5-6 Vybalancovaná linka při přidání pracoviště H04

Takt linie zůstal stejný, jako u varianty A. Došlo k lepšímu vyvážení pracovišť H04 až H09 a jejich spotřeba času je nyní přibližně stejná. V navrženém stavu je tedy 9 pracovišť.

Při vyvažování s přidáním pracoviště H04 nedošlo ke změnám ve spotřebě času u pracovišť H01, H02 a H03. Úzká místa na pracovištích H01 a H03 lze eliminovat pouze technologickými a konstrukčními úpravami.

## 6 Nástroj pro vyvažování linie

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, pro vyvažování montážní linie D1 byl použit kusovník skládající se z určitého množství dat. Pro rychlou práci s daty byl vytvořen jednoduchý Excel nástroj. Tento manuál tvoří seznam položek se zadaným množstvím a sériovým číslem, ke kterým jsou přiřazené kategorie a spotřeba času.

Je třeba poznamenat, že důležitým atributem manuálu je vazba položky na pracoviště. Všechny komponenty, popřípadě operace nevázané na komponenty, jsou přiřazené ke konkrétnímu pracovišti. To znamená, že pokud při balancování dochází k přemístění určité operace na jiné pracoviště, tak lze jednoduše změnit vazbu a přiřadit komponentu k jinému pracovišti. Na obrázku jsou zobrazeny položky přiřazené k pracovištím:

Tabulka 6-1 Vazba mezi položkami a pracovišti

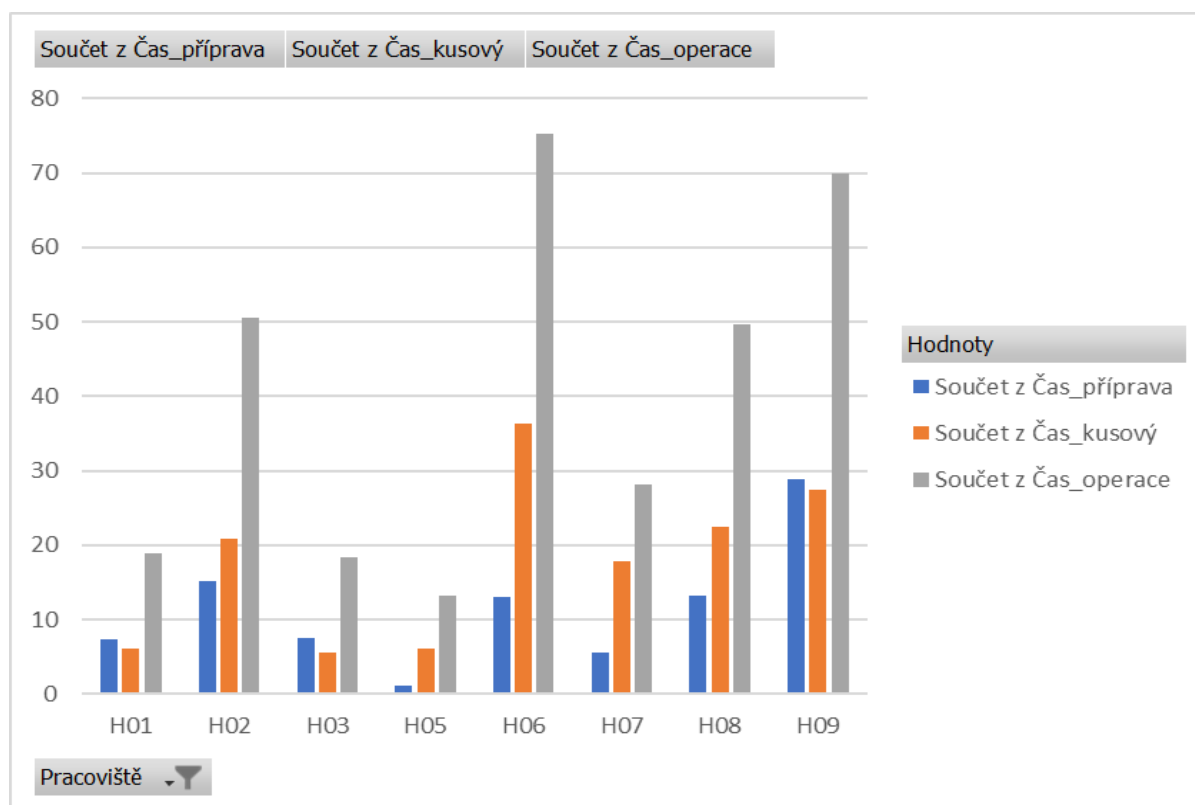
CPN	Název	Mnozství	Kategorie_název	Kategorie_kód	Čas_příprava	Čas_kusový	Čas_operace	Pracoviště
92061506-A	PODLOŽKA PLOCHÁ M12	4	16.09.00.00	Podložky	0,21	0,08	0,53	H06
92096031-A	ŠROUB ŠESTIHRANNÝ M6 x 16	2	16.20.00.00	Šrouby šestihřanné do M16	0,3	0,25	0,8	H06
92304559-A	M8	2	16.27.00.00	Matice pojistné	0,26	0,27	0,8	P12
92304567-A	M10	4	16.27.00.00	Matice pojistné	0,26	0,27	1,34	H06
92341981-A	PODLOŽKA PLOCHÁ M6 TYP B	2	16.09.00.00	Podložky	0,21	0,08	0,37	H06
95935037-A	PODLOŽKA PLOCHÁ M10	4	16.09.00.00	Podložky	0,21	0,08	0,53	H06
96701396-B	PODLOŽKA PLOCHÁ M8	8	16.09.00.00	Podložky	0,21	0,08	0,85	H06
96702261-B	ŠROUB ŠESTIHRANNÝ M8 x 35	2	16.20.00.00	M16	0,3	0,25	0,8	P12
96702311-A	30	4	16.20.00.00	M16	0,3	0,25	1,3	H06
AP200155-A	HMFKPSABB15, BONDIOLI PAVESI	1	02.02.00.00	Spojky	0,6	0,32	0,92	H06
AP200205-A	PODLOŽKA, PR 10, DIN 127 - A, POZINK, WÜRTH, 0441 910	4	16.09.00.00	Podložky	0,21	0,08	0,53	H06
AP200211-A	ŠROUB, M8x25, ISO 4762, 8.8, POZINK, WÜRTH, 414958 25	4	16.20.00.00	Šrouby šestihřanné do M16	0,3	0,25	1,3	H06
AP200241-C	GX390UT2-SX-Q4-OH, HONDA, #5100006348	1	02.01.00.00	Vznětové motory	3,61	0,19	3,8	H06
AP200290-F	DESKA ZÁKLADOVÁ HONDA, SVAREK	1	21.01.00.00	Rámy	3,38	0	3,38	P09
AP200290-F	MATICE NAVAŘOVACÍ, M12, DIN 929, WÜRTH, 0399 12	4	16.26.00.00	Matice šestihřanné	0,28	0,21	1,12	P09
AP200290-F	DRŽÁK RAMENE, P 10, S235JR	1	21.03.00.00	Držáky, podpěry	0,24	0,19	0,43	P09
AP200290-F	DRŽÁK GUMOKOVU, P 6, S235JR	4	21.03.00.00	Držáky, podpěry	0,24	0,19	1	P09
AP200290-F	DESKA ZÁKLADOVÁ HONDA, P 8, S235JR	1	21.01.00.00	Rámy	3,38	0	3,38	P09
AP200292-B	DRŽÁK MOTORU HONDA	1	21.03.00.00	Držáky, podpěry	0,24	0,19	0,43	H06
AP200403-A	ŠROUB, M6x10, DIN 914, POZINK, WÜRTH, 02560610	1	16.20.00.00	Šrouby šestihřanné do M16	0,3	0,25	0,55	H06

Výstupem vytvořeného nástroje je grafická vizualizace spotřeby času. Jedná se o kontingenční tabulku a kontingenční graf. Celkový čas pro každé pracoviště se počítá jako součet časů přípravných a kusových pro všechny položky. V následující kontingenční tabulce je vizualizována spotřeba času dle kategorizace před balancováním:

Tabulka 6-2 Spotřeba času pomocí kontingenční tabulky před balancováním

Popisky řádků	Součet z		
	Čas_příprava	Čas_kusový	Čas_operace
H01	7.33	6.09	19
H02	15.15	20.88	50.51
H03	7.51	5.66	18.3454
H05	1.23	6.16	13.24
H06	12.97	36.38	75.28
H07	5.66	17.77	28.16
H08	13.27	22.47	49.5985
H09	28.83	27.48	69.9044
<b>Celkový součet</b>	<b>91.95</b>	<b>142.89</b>	<b>324.0383</b>

Následující obrázek představuje grafickou vizualizací kontingenční tabulky:



Obrázek 6-1 Spotřeba času pomocí kontingenčního grafu před balancováním

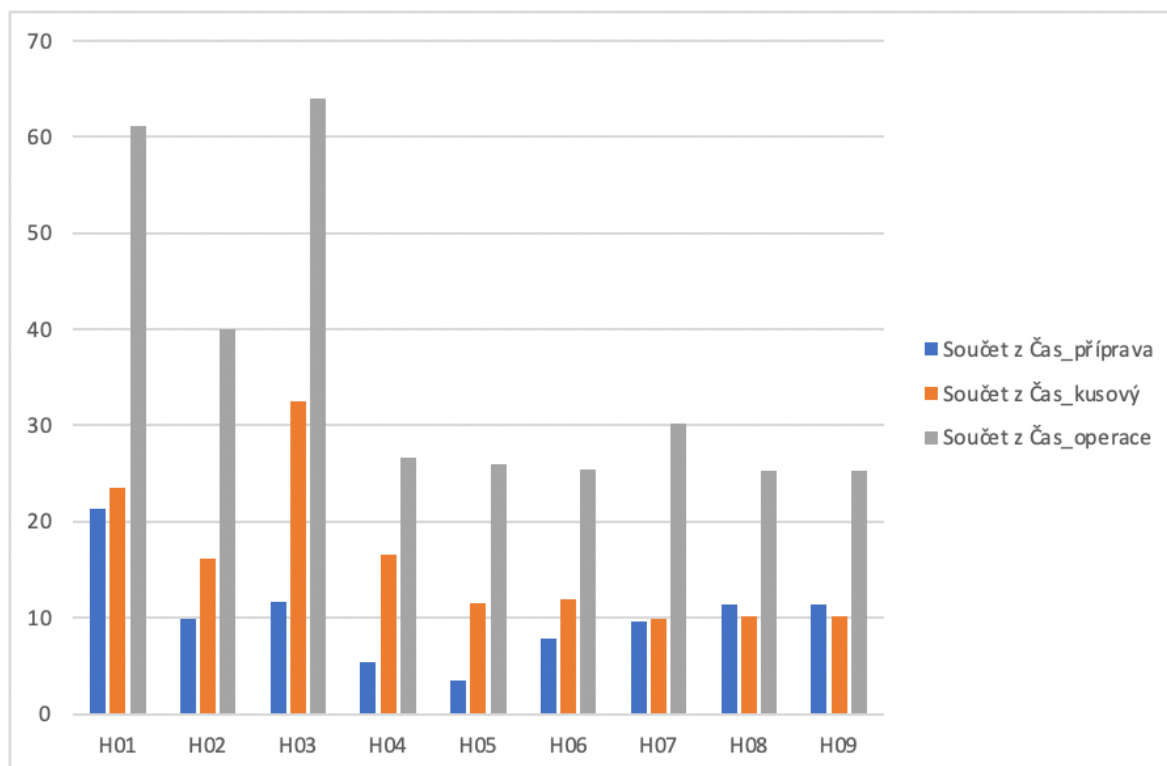
Změny díky přesunu položek na jiná pracoviště se projeví v kontingenční tabulce. Výsledná spotřeba času v minutách pro výslednou variantu B je znázorněna níže:



Tabulka 6-3 Vyhodnocení pomocí kontingenční tabulky po balancování

Popisky řádků	Součet z	Součet z	Součet z
	Čas_příprava	Čas_kusový	Čas_operace
H01	21,28	23,56	61,09
H02	9,94	16,23	40,01
H03	11,65	32,58	64,02
H04	5,42	16,58	26,63
H05	3,46	11,58	26,03
H06	7,85	11,95	25,42
H07	9,61	9,95	30,22
H08	11,37	10,23	25,31
H09	11,37	10,23	25,31
<b>Celkový součet</b>	<b>91,95</b>	<b>142,89</b>	<b>324,04</b>

Je vidět, že spotřeba času na jednotlivých pracovištích se díky vyvážení změnila, ale výsledná spotřeba odpovídá celkovému času dle původního stavu.

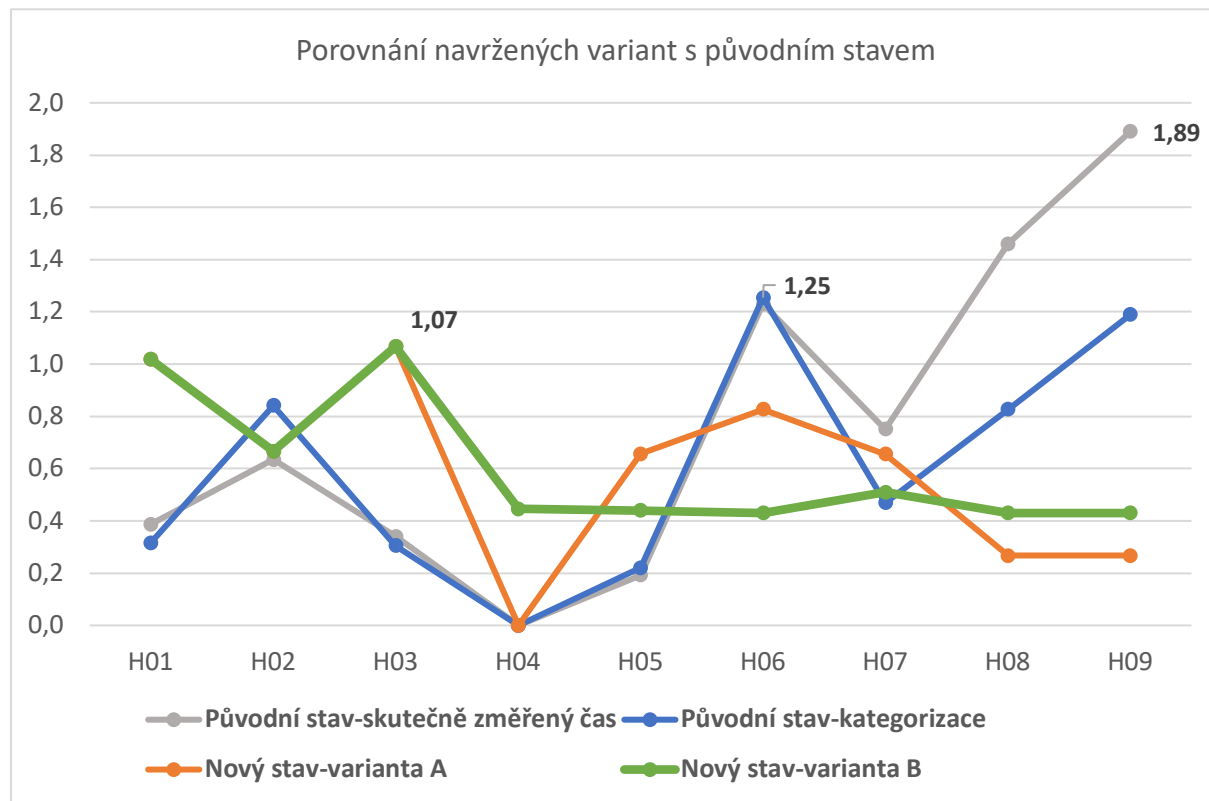


Obrázek 6-2 Výsledná spotřeba času pomocí kontingenčního grafu

Na výsledném kontingenčním grafu jsou zobrazeny časy přípravné, kusové a celkové pro hlavní pracoviště linie. Nejužším místem je nyní pracoviště H03, kde se provádí montáž motoru. Pracoviště H03 má spotřebu času 64,02 minuty. V původním stavu nejužší místo mělo spotřebu 75,28 minut. Na grafu se promítlo vyvážení a zvýšení průchodnosti montážní linie D1.

## 7 Vyhodnocení navrhovaného stavu

Pro lepší znázornění postupného vyvážení montážní linky pro výrobu válce RD7B je vytvořen souhrnný spojnicový graf. Na grafu je zobrazen původní stav a dva navržené stavy montážní linky.



Obrázek 7-1 Porovnání jednotlivých stavů

Přípravná pracoviště na obrázku nejsou zobrazená, protože jsou podpůrná a neovlivňují takt linky D1 a podsestavy se montují dopředu.

Šedá křivka ukazuje na časy, které jsou skutečně změřené pomocí metody snímkování pracovního dne. Pro následovné balancování bylo nutno použít přesnější metody parametrizace a kategorizace všech položek kusovníku. Pro každou kategorii se provedlo 10 měření a byla stanovena přesná doba trvání montáže na jednotlivých pracovištích linky. Původní čas dle kategorizace je zvýrazněn modrou barvou. Za použití kategorizace bylo odhaleno, že na pracovištích H07, H08 a H09 se vyskytují velké časové ztráty, způsobené skrytým plýtváním. Kritickým místem je pracoviště H06, kde se provádí kompletní montáž motoru válce.

Vyvažování montážní linky se provedlo pomocí nástroje Excel. Tento proces spočíval v přesunu činností na pracoviště s menší časovou spotřebou za dodržení technologického postupu. V nástroji Excel byla vytvořena vazba mezi položkami kusovníku a pracovišti. Díky tomu se podařilo efektivně přesunout některé operace na jiná pracoviště a montážní doba na každém pracovišti se přepočítala automaticky. První varianta byla vytvořena s účelem co nejvíc vyrovnat časy mezi sebou. Kritické místo se přesunulo z pracoviště H06 na H03 a čas taktu linky se snížil. Má to pozitivní dopad i na výrobu kompresorů a generátorů na linii D1, jelikož jejich montáž na posledních pracovištích je také časově náročná a vznikají tam fronty.

Varianta B spočívala v přidání pracoviště H04, které zatím nebylo využito pro montáž válce. Vzhledem k technologii montáže nebylo možné snížit časovou spotřebu na pracovišti H03, a

proto zůstalo kritickým místem se spotřebou 1,07 hodin. Díky využití nového pracoviště ale došlo k vyrovnání časů mezi pracovišti H04 až H09. Tato výsledná varianta je zvýrazněna zelenou barvou a je považována za nejvhodnější.

Početní vyhodnocení navrženého stavu dle varianty B je uvedeno v tabulce.

Tabulka 7-1 Početní vyhodnocení navrženého stavu linie

Stav	Takt linie [člověkohod]	Lze vyrobit za směnu[ks]	Lze vyrobit za týden[ks]
Původní-skutečně změřený	1,89	4	21
Původní-dle kategorizace	1,25	6	32
Navržený	1,07	<b>7</b>	<b>37</b>

Cílem bylo navržení stavu montážní linie, při kterém by za směnu bylo možné vyrobit více kusů. Vyrovnáním spotřeby času na jednotlivých pracovištích linie a odhalením ztrát bylo docíleno rovnoměrnějšího vytížení zaměstnanců a plynulejšího výrobního toku. Po balancování nemělo dojít k redukci počtu pracovníků vzhledem k tomu, že montážní pracovníci vyrábí na linii další dva produkty.

Výpočet se provedl pro jednosměnný osmihodinový provoz 5 dní v týdnu, což je skutečná provozní doba pro zaměstnance této společnosti. Z tabulky vyplývá, že cíl projektu byl splněn. Při zavedení nového stavu do výroby lze vyrobit o 16 válců navíc za týden (37 oproti 21) a značně zvýšit průtok linie v porovnání s původním stavem dle snímkování.

Popsaný postup v rámci projektu lze s jistotou použít pro vyvážení dalších montážních linek ve společnosti AIR POWER.

## Závěr

Daná bakalářská práce byla zaměřena na analýzu současného stavu montážní linie a následovně balancování této linie pro zvýšení průtoku. Předmětem pozorování byl vibrační válec pro zhutňování asfaltu a půdy. Je to nový produkt pro společnost AIR POWER, proto bylo cílem pro firmu zkrátit čas taktu linie a zvýšit průtok, který je závislý na spotřebě času na jednotlivých pracovištích.

Důležitou část práce tvoří teorie, která byla potřebná pro analýzu současného stavu podniku. V prvních kapitolách jsou popsány přímé a nepřímé metody pro měření času, druhy pracovních norem a metody, které lze použít pro stanovení těchto norem v závislosti na druzích výroby.

V praktické části práci je popsána analýza spotřeby času a následné balancování hlavních pracovišť linky. Vyvažování linie spočívalo v přesunutí některých činností na vedlejší pracoviště s menší spotřebou času. Ve výsledku takt linie byl snížen z 1,25 na 1,07 hodiny a spotřeba času na pracovištích se přibližně vyrovnala, což jednoznačně má pozitivní vliv na produktivitu práce. Při implementaci navrženého stavu linie díky odhalení ztrát a lepšímu vyvážení dojde ke zvýšení počtu vyráběných kusů z 21 na 37. Ovšem existuje potenciál pro další zlepšení stavu montážní linie, který by spočíval ve změně layoutu, počtu pracovníků, popřípadě vybavení pracovišť. Kritická místa v novém stavu na pracovištích H01a H03 lze eliminovat pouze technologickými úpravami. Pro další proces zlepšování linie D1 nebo vyvažování linií pro výrobu jiných produktů firmy lze použít jednoduchý Excel nástroj, který byl vytvořen v rámci této práce. V poslední kapitole je uvedeno grafické a číselné porovnání původního a navrženého stavu.

## Seznam použité literatury

- [1] NOVÁK, Josef a ŠLAMPOVÁ, Pavlina. *Racionalizace výroby*. [online]. Ostrava: VŠB Technická univerzita Ostrava, 2007. [cit. 10. 11. 2020]. Dostupné z: <http://projekty.fs.vsb.cz/414/racionalizace-vyroby.pdf>.
- [2] ESWARAMURTHI, K. a MOHANRAM, P.V. *Value And Non- Value Added Activities*. [online]. Coimbatore: PSG College of Technology, 2013. [cit. 16.11.2020]. Dostupné z: <https://www.ijert.org/research/value-and-non-value-added-va-nva-activities-analysis-of-a-inspection-process-a-case-study-IJERTV2IS2522.pdf>.
- [3] WADER, Michael. *A Pocket Guide to Implementing Lean Practices*. Leadership Excellence International, 2014.
- [4] KEŘKOVSKÝ, Miroslav. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 2. vydání. Praha: C.H.Beck, 2009.
- [5] ROFE, Aleksandr. *Organizaciya i normirovanie truda*. Moskva: Knorus, 2014.
- [6] AIR POWER s.r.o. *Airpower*. [online]. 2018. [cit. 25.11.2020]. Dostupné z: <http://www.airpower.cz/>.
- [7] WACKER NEUSON Group. *RD7 Tandemové válce*. [online]. 2020. [cit. 25.11.2020]. Dostupné z: <https://www.wackerneuson.cz/cs/vyrobky/hutneni/valce/tandemove-valce/model/rd7-2/type/Description/>.
- [8] GRADUA-CEGOS, s.r.o. *Metodika REFA*. [online]. 2015. [cit. 10. 11. 2020]. Dostupné z: <https://www.gradua.cz/blog/metodika-refa.html>.
- [9] Technická univerzita v Liberci. *Metody předem stanovených časů*. [online]. [cit. 07.11.2020]. Dostupné z: [http://www.kvs.tul.cz/download/pi\\_pvs/8\\_prednaska.pdf](http://www.kvs.tul.cz/download/pi_pvs/8_prednaska.pdf).
- [10] KASPEROVICH, Sergej a KONOVALCHIK Gennadij. *Organizaciya proizvodstva i upravlenie predpriyatiem*. Minsk: BGTU, 2012.
- [11] UP-PRO. *Value Stream Mapping*. [online]. [cit. 20.11.2020]. Dostupné z: <http://www.up-pro.ru/specprojects/shkola-menedjera/kpcs-vsm.html>.
- [12] Přednášky z předmětu KTO/PVP (ZČU v Plzni). [online]. [cit.12.11.2020]. Dostupné z: <https://portal.zcu.cz/portal/studium/courseware/kto/pvp>.
- [13] Přednášky z předmětu STO (KTO ZČU v Plzni) [online]. [cit. 06. 11. 2020]. Dostupné z: <https://portal.zcu.cz/portal/studium/courseware/kto/sto/prednasky.html>.