

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

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

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Zvýšení efektivity práce na výrobní lince

Autor: **Bc. Filip Král**

Vedoucí práce: **doc. Ing. Jana Kleinová, CSc.**

Konzultant: **Ing. Ervín Opitz**

Akademický rok 2019/2020





## **Prohlášení o autorství**

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

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

V Plzni dne: .....

.....  
podpis autora

## **Poděkování**

Děkuji mé vedoucí diplomové práce doc. Ing. Janě Kleinové, CSc. za odborné vedení, ochotu, cenné rady a připomínky, které mi poskytla při psaní této práce.

Mé díky dále patří konzultantovi a zástupci společnosti Witte Nejdek spol. s.r.o. Ing. Ervínovi Opitzovi, který rovněž prováděl odborný dohled při tvorbě této práce.

# ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Král	Jméno Filip		
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	2301T007 „Průmyslové inženýrství a management“			
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) doc. Ing. Kleinová CSc.	Jméno Jana		
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU – FST – KPV			
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<del>BAKALÁŘSKÁ</del>	Nehodící se škrtněte	
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Zvýšení efektivity práce na výrobní lince			

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KPV	<b>ROK ODEVZD.</b>	2020
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

**POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)**

<b>CELKEM</b>	64	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	64	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p style="text-align: center;"><b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b></p> <p><b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b></p>	<p>Diplomová práce se zabývá zvýšením efektivity práce na výrobní lince. První část je věnována teorii výroby, včetně výrobních linek a faktorů ovlivňujících efektivitu práce. V druhé části práce je analyzován současný stav výrobní linky a jsou navrženy způsoby, které vedou ke zvýšení efektivity práce. Nejvhodnější řešení je v poslední části práce zhodnoceno.</p>
<p style="text-align: center;"><b>KLÍČOVÁ SLOVA</b></p> <p><b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b></p>	<p>Průmyslové inženýrství, výrobní linky, montážní linky, efektivita práce, prostorové uspořádání výroby, ergonomie, plýtvání</p>

## SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Král	Name Filip	
<b>FIELD OF STUDY</b>	2301T007 “Industrial Engineering and Management“		
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) doc. Ing. Kleinová CSc.	Name Jana	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU – FST – KPV		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<del><b>BACHELOR</b></del>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Increasing the efficiency of work on the production line		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Industrial Engineering and Management	<b>SUBMITTED IN</b>	2020
----------------	---------------------------	-------------------	---	---------------------	------

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

<b>TOTALLY</b>	64	<b>TEXT PART</b>	64	<b>GRAPHICAL PART</b>	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	<p>This thesis deals with increasing the efficiency of work on the production line. The first part is devoted to the theory of production, including production lines and factors affecting work efficiency. The second part of the thesis analyzes the current state of the production line and suggests ways to increase work efficiency. The best solution is evaluated in the last part of the thesis.</p>
<b>KEY WORDS</b>	<p>Industrial engineering, production lines, assembly lines, work efficiency, spatial arrangement of production, ergonomics, waste</p>

## Obsah

Seznam obrázků .....	9
Seznam tabulek .....	10
Úvod .....	11
1 Základní způsoby uspořádání výroby .....	12
1.1 Definování pojmu výroba .....	12
1.1.1 Členění výroby .....	12
1.1.2 Prostorové uspořádání výroby .....	16
1.1.3 Analýza P-Q .....	20
1.2 Výrobní linky .....	21
1.2.1 Rozdělení montážních linek .....	22
1.2.2 Prostorové uspořádání linek .....	23
2 Ovlivnění efektivity práce .....	25
2.1 Efektivita práce .....	25
2.1.1 Vztahy pro výpočet efektivity práce .....	25
2.1.2 Měření efektivity práce .....	26
2.2 Faktory ovlivňující efektivitu práce .....	30
2.2.1 Základní ergonomické požadavky na pracovišti .....	30
2.2.2 Plýtvání .....	31
3 Analýza současného stavu .....	32
3.1 Představení společnosti .....	32
3.2 Popis linky .....	32
3.2.1 Linka a její stanice .....	32
3.2.2 Produkt linky .....	34
3.2.3 Výrobní program .....	35
3.2.4 Nedostatky výroby s vlivem na efektivitu práce .....	35
3.3 Vytížení pracovníků .....	36
4 Návrh změn na výrobní lince ke zvýšení efektivity práce .....	39
4.1 Varianta A .....	39
4.2 Varianta B .....	43
4.3 Varianta C .....	48
4.4 Výběr nejvhodnější varianty .....	52
5 Zhodnocení nejvhodnější varianty .....	56
Závěr .....	62
Literatura .....	63



## Seznam obrázků

Obrázek 1-1 Výrobní proces [1].....	12
Obrázek 1-2 Ekonomické zhodnocení typů výrob [1] .....	14
Obrázek 1-3 Typy materiálových toků [4] .....	16
Obrázek 1-4 Volné uspořádání výroby [5].....	17
Obrázek 1-5 Technologické uspořádání výroby [1].....	17
Obrázek 1-6 Předmětné uspořádání výroby [5] .....	18
Obrázek 1-7 Modulární uspořádání výroby [5].....	19
Obrázek 1-8 Buňkové uspořádání výroby [5] .....	19
Obrázek 1-9 P-Q analýza [6].....	20
Obrázek 1-10 Schéma jednopředmětné linky [5].....	21
Obrázek 1-11 Ukázka bočního postavení k lince [7] .....	23
Obrázek 1-12 Ukázka čelního postavení k lince [7] .....	24
Obrázek 1-13 Rozvětvená montážní linka [7].....	24
Obrázek 3-1 2D náhled pracoviště [16] .....	33
Obrázek 3-2 Ukázka produktu linky (autor) .....	34
Obrázek 3-3 Vytížení jednotlivých operátorů [16] .....	38
Obrázek 3-4 Strojní časy jednotlivých stanic (autor).....	38
Obrázek 4-1 Vytížení jednotlivých operátorů- bez massenspare (autor).....	40
Obrázek 4-2 Návrh na vytížení jednotlivých operátorů- bez massenspare_ Varianta A (autor) .....	41
Obrázek 4-3 Návrh layoutu- bez massenspare_ Varianta A (autor) .....	42
Obrázek 4-4 Návrh na vytížení jednotlivých operátorů- bez massenspare_ Varianta B (autor) .....	44
Obrázek 4-5 Návrh layoutu- bez massenspare_ Varianta B (autor).....	45
Obrázek 4-6 Návrh na vytížení jednotlivých operátorů- s massenspare_ Varianta B (autor)..	46
Obrázek 4-7 Návrh layoutu- s massenspare_ Varianta B (autor).....	47
Obrázek 4-8 Návrh na vytížení jednotlivých operátorů- bez massenspare_ Varianta C (autor) .....	49
Obrázek 4-9 Návrh layoutu- bez massenspare_ Varianta C (autor).....	49
Obrázek 4-10 Návrh na vytížení jednotlivých operátorů- s massenspare_ Varianta C (autor)	50
Obrázek 4-11 Návrh layoutu- s massenspare_ Varianta C (autor).....	51
Obrázek 5-1 Srovnání původního a nově navrženého stavu (autor) .....	56
Obrázek 5-2 Srovnání původního a nově navrženého stavu (autor) .....	58

## Seznam tabulek

Tabulka 1-1 Charakteristika jednotlivých typů výrob [3].....	15
Tabulka 2-1 Přehled časových studií [11] .....	27
Tabulka 2-2 Datakarta MOST [11] .....	29
Tabulka 3-1 Most analýza- Operátor stanice 10 [16].....	36
Tabulka 3-2 Most analýza- Operátor stanice 20 [16].....	37
Tabulka 3-3 Most analýza- Operátor stanice 30 [16].....	37
Tabulka 4-1 MOST analýza- operátor stanice 20- bez massenspare [16].....	39
Tabulka 4-2 MOST analýza- operátor stanice 30- bez massenspare [16].....	39
Tabulka 4-3 Návrh na MOST- operátor stanice 30- bez massenspare_ Varianta A (autor) ....	40
Tabulka 4-4 Návrh na MOST- předmontáž závaží_ Varianta B (autor).....	43
Tabulka 4-5 Návrh na MOST- operátor stanice 50_ Varianta B (autor).....	43
Tabulka 4-6 Návrh na MOST- operátor stanice 10_ Varianta B (autor).....	44
Tabulka 4-7 Návrh na MOST- operátor stanice 30_ Varinta B (autor) .....	45
Tabulka 4-8 Návrh na MOST- operátor stanice 50_ Varianta C (autor).....	48
Tabulka 4-9 Tabulka kritérií pro párové porovnání (autor) .....	53
Tabulka 4-10 Výsledné hodnocení variant (autor).....	55
Tabulka 5-1 Porovnání teoretické kapacity_ verze s massenspare (autor) .....	57
Tabulka 5-2 Porovnání teoretické kapacity_ verze bez massenspare (autor) .....	59
Tabulka 5-3 Počty vyrobených kusů (autor) .....	60
Tabulka 5-4 Úspora v závislosti na změně normy (autor) .....	60

## Úvod

V současné době vysoce konkurenčního prostředí je důležité, aby výrobní podniky pro udržení svého postavení na trhu zvyšovaly efektivitu práce. Míra efektivita práce ovlivňuje zisk společnosti, který je dán rozdílem prodejní ceny a nákladů spojených s výrobou. Snižovat výrobní náklady je možné různými způsoby. Například nákupem levnějšího výrobního materiálu. S tím jsou ale spjata rizika s výslednou kvalitou výrobku, která může ovlivnit nespokojenost zákazníka, tedy úpadek poptávky. Nebo může jít společnost druhou cestou, a to maximalizovat efektivitu svojí práce. V této cestě nám pomáhají různé metody průmyslového inženýrství, které kromě zeštíhlování procesů mají vliv i na kvalitu produktu. Všechny výrobní podniky zabývající se sériovou výrobou mají výrobní nebo montážní linky. Práce na těchto linkách je neefektivní tehdy, pokud práci vykonává více pracovníků než je potřeba, pokud linka produkuje zmetky, a nebo není plněna předem stanovená norma výroby.

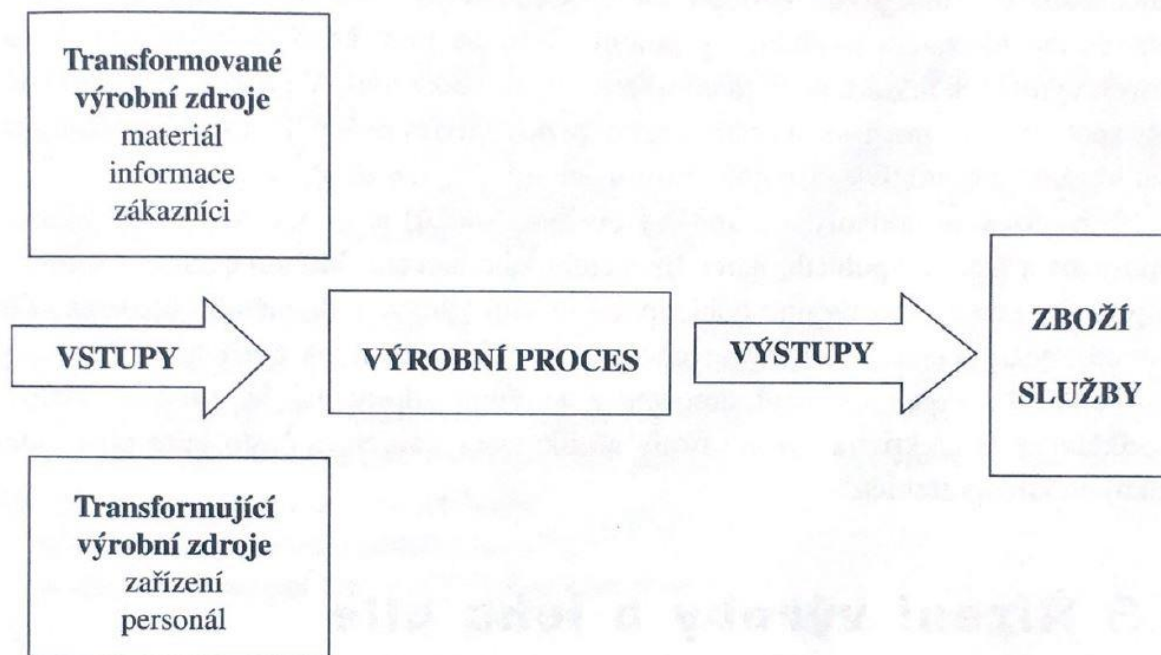
Tato diplomová práce se zabývá úlohou zvýšení efektivita práce na výrobní lince v podniku Witte Nejdek spol. s.r.o. Cílem je nalézt a navrhnout řešení, které bude na dané výrobní lince zvyšovat efektivitu práce s ohledem na technické možnosti linky. Součástí výstupu je také zhodnocení navrhnutého řešení.

# 1 Základní způsoby uspořádání výroby

Než se dostaneme k samotným základním způsobům uspořádání výroby, tak je vhodné na úvod definovat, co je výroba a jakým způsobem se člení.

## 1.1 Definování pojmu výroba

Výrobu lze definovat jako soubor vstupů, které se ve výrobním procesu transformují na výstupy. Za vstup do výrobního procesu lze označit transformované výrobní zdroje, jako jsou například materiál nebo zákazníci a transformující výrobní zdroje jako jsou zařízení, případně personál. Ve výrobě dochází tedy k transformaci výrobních faktorů do ekonomických statků a služeb. [1]Tento popis jednodušeji vystihuje *Obrázek 1-1*.



Obrázek 1-1 Výrobní proces [1]

Při transformaci výrobních zdrojů je důležité, aby byl vždy dodržen předem určený postup, který vede ke zhotovení výrobku nebo služby. Každá operace by danému produktu měla přidávat hodnotu a výroba by měla být takzvaně štíhlá. Štíhlá výroba je taková výroba, která eliminuje plýtvání, tedy snižuje náklady potřebné pro zhotovení produktu.

### 1.1.1 Členění výroby

Výrobu lze členit mnoha způsoby. Členění výroby vždy závisí na tom, z jakého hlediska na výrobu pohlédneme.

#### Rozdělení dle míry plynulosti výrobního procesu [1]

- **Výroba plynulá**

Jako typický příklad plynulé neboli nepřetržité výroby lze uvést například zpracování ropy v rafinériích nebo výrobu elektrické energie. Výroba v těchto případech probíhá neustále po celý rok, tedy 24 hodin denně, 7 dní v týdnu. Výjimkou přerušování výroby může být maximálně nenadálá událost, která způsobí pozastavení zařízení z důvodů poruchy.

- **Výroba přerušovaná**

Přerušovaná výroba je typickým příkladem pro strojírenství. Tato výroba probíhá pouze v předem určených časech. Výroba může být nastavena například na 5 dní v týdnu, ve směně probíhající od 6:00 do 14:00. Dalším charakteristickým znakem je, že výrobní proces je rozdělen na operace, které jsou určeny pro konkrétní stanoviště. Tedy výroba celého produktu je závislá na čase dokončení operace na daném stanovišti a navazujících časech dalších stanovišť.

Výběr konkrétní varianty výroby, která je vhodná pro daný podnik, závisí na mnoha aspektech. Jedním z hledisek jsou náklady. Je zcela zřejmé, že náklady na provoz výroby plynulé budou mnohem vyšší než náklady na provoz výroby přerušované. Jelikož je nutné zajistit pro výrobu vyšší počet pracovníků, aby mohlo docházet k pravidelnému střídání směn a dodržování fondu pracovní doby dle zákoníku práce. Na druhé straně při výrobě přerušované se prodlužuje celková doba výroby daného produktu a může docházet ke kolísání výkonosti celého procesu (např. po zahájení práce a před jejím ukončením).

## **Rozdělení dle množství a počtu druhů výrobků [2]**

- **Kusová výroba**

Kusová výroba je výroba, kdy se vyrábí velký počet různých výrobků v malém množství. Výroba nemá opakující se charakter, výroba vyžaduje univerzálnost strojů a velmi kvalifikovaný personál. Kusová výroba je charakteristická postupným způsobem výroby, který je členěn na operace. Zpravidla se jedná o výrobu na zakázku. Pod pojmem kusová výroba nebo výroba na zakázku si lze představit výrobky těžkého strojírenství nebo například výrobu speciálních zařízení, případně výrobních linek.

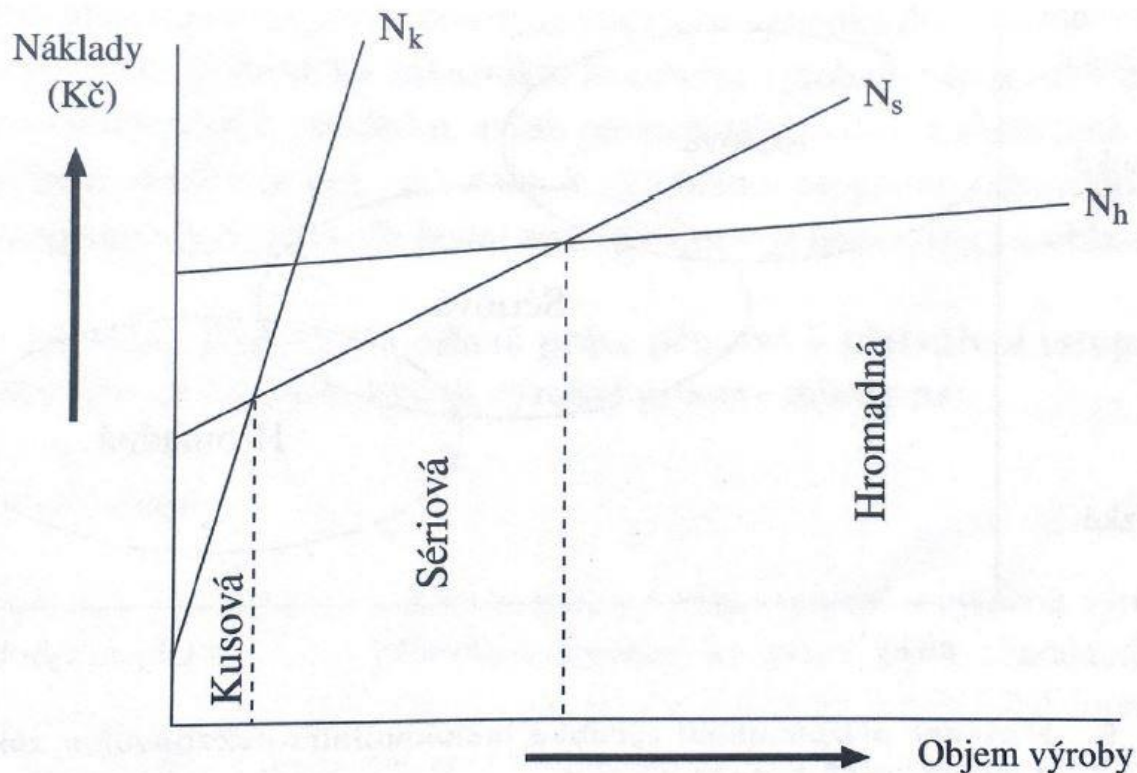
- **Sériová výroba**

Sériová výroba je charakteristická zvýšením počtu výrobků jednoho druhu, zvýšením opakovatelnosti výroby a zúžením výrobního sortimentu. Vyrábí se tedy větší množství výrobků jednoho druhu. Právě toto množství se nazývá výrobní série a ta je složena z několika výrobních dávek, které se s menší či větší pravidelností opakují. Opakovatelnost výroby umožňuje zvýšit specializaci pracovišť, takže kromě univerzálních strojů se používají i stroje specializované. Sériová výroba se liší podle velikosti výrobní série (malosériová, středněsériová a velkosériová). Tak jako u kusové výroby se i zde využívá postupný způsob výroby, který má však vhodnější strukturu výrobního cyklu. Čím jsou výrobní dávky menší, tím je kratší výrobní cyklus a lepší jeho struktura. Na druhou stranu ale dochází k tomu, že roste četnost dopravy mezi operacemi. Naopak s rostoucí výrobní dávkou ubývají nároky na dopravu, ale zvyšuje se doba trvání výrobního cyklu. Díky zvyšujícímu se podílu automatizace v sériové výrobě klesají požadavky na kvalifikaci personálu. Jako sériovou výrobu si lze představit výrobu automobilů.

- **Hromadná výroba**

Hromadná výroba se vyznačuje produkcí jednoho nebo jen několika málo výrobků, které se vyrábějí ve velkých objemech. Charakteristickým znakem hromadné výroby je vysoká míra opakovatelnosti a značná stabilita procesu. Dochází zde k využívání jednoúčelových strojů s vysokou automatizací a vysokým výkonem. Jednotlivá pracoviště jsou velmi úzce spojena, aby doba přepravy mezi pracovišti byla co nejmenší. Hromadná výroba je efektivnější než výše uvedené příklady. To je dáno tím, že při velkém množství výrobků dochází k rozpuštění fixních nákladů na větší množství jednotek. Typickým příkladem hromadné výroby je například výroba šroubů.

Následující *Obrázek 1-2* představuje ekonomické zhodnocení výše uvedených typů výroby.



Obrázek 1-2 Ekonomické zhodnocení typů výrob [1]

Obecně lze říci, že čím je výrobní zařízení jednodušší, tím je jeho pořizovací cena nižší, a lze jej jednodušeji modifikovat. Na druhou stranu pak také platí, že výrobní náklady na jeden výrobek jsou vyšší. Naopak jednoúčelová zařízení, případně výrobní linky mají vyšší pořizovací hodnotu, ale náklady na jeden výrobek jsou velmi nízké. Modifikace nebo přestavba výrobních linek je nákladnou záležitostí. Z toho nám plyne, že kusová výroba je zpravidla charakteristická nižšími fixními náklady a s objemem výroby strmě rostou variabilní náklady, tudíž i celkové náklady  $N_k$ . U hromadné výroby bývají zpravidla vysoké fixní náklady a variabilní náklady rostou jen mírně s objemem výroby, tedy i celkové náklady  $N_h$ . Sériová výroba se v grafu nachází v mezi těmito krajními případy. [2]

### Rozdělení dle charakteru technologie[3]

- **Mechanická**

Výroba, u které dochází ke změně tvaru výrobku a jakosti, včetně změny vlastností.

- **Chemická**

Výroba, u které dochází ke změně látkových vlastností výrobku.

- **Biologická a biochemická**

Výroba, u které se využívá přírodních procesů ke změně látkové podstaty surovin a materiálů.

*Tabulka 1-1* představuje stručný přehled o charakteristikách jednotlivých výrob z pohledu výroby kusové, sériové a hromadné.

Tabulka 1-1 Charakteristika jednotlivých typů výroby [3]

Ukazatel	Kusová výroba	Sériová výroba	Hr. výroba
Mn. výrobků jednoho typu za rok	desítky	sta až tisíce	statisíce
Počet druhů výrobků	stovky	desítky	kusy
Počet typů výrobků	desítky	3 – 10	1 – 3
Opakování výroby výrobku téhož typu	nepravidelné, případně žádné	pravidelné (např. měsíční)	nepřetržitá výroba (několik měsíců až roky)
Uspoř. dílen	technol., výjimeč. předmětné	předmětné, někdy technol.	předmětné
Výrobní a dopravní zařízení	univerzální, unikátní	univerzál., někt. součásti na linkách	specializ., jednoúčel. linky
Kvalifikace dělníků	multikvalifikovanost	dobrá	nízká, jen zaučení
Průběžná doba výroby	měsíc – rok	týden – měsíc	den – týden
Specializace pracovišť	malá	částečná	úplná
Možnost změny výrobního programu	snadná	obtížná	velmi obtížná
Plánování a řízení	náročné	středně obtížné	snadné
Využití výr. zařízení	nízké	dobré	vysoké
Náklady na jednici	vysoké	poměrně nízké	nízké
Výr. zásoby	relativně vysoké	malé	minimální
Mat. toky	dlouhé	krátké	minimální

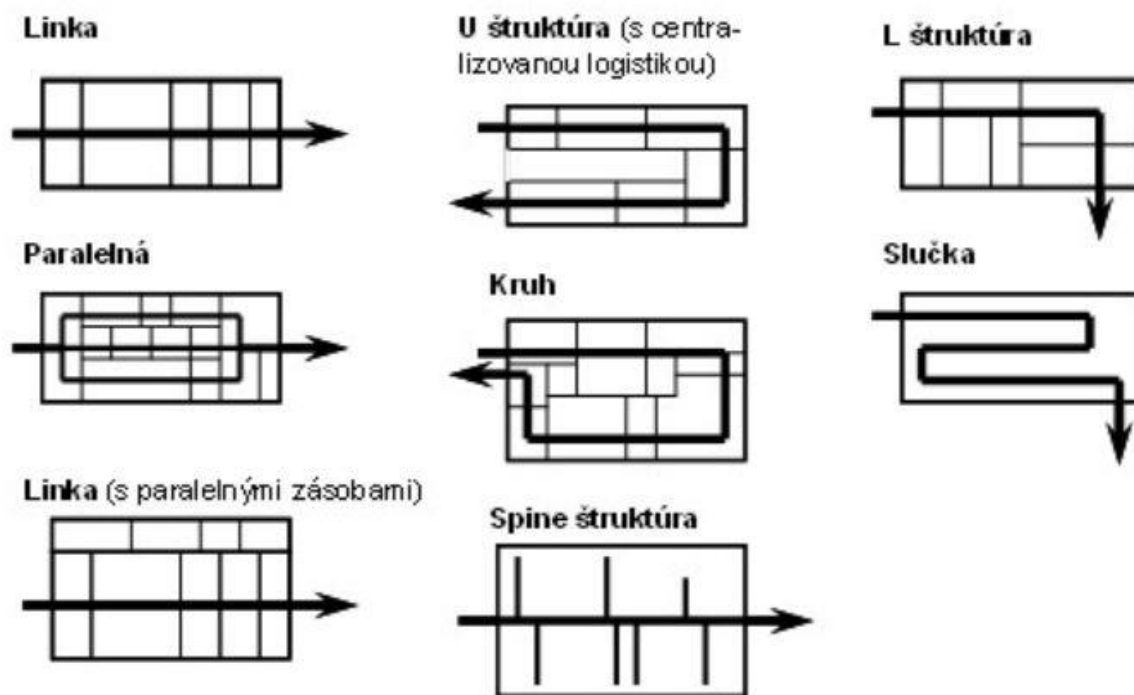
### 1.1.2 Prostorové uspořádání výroby

Prostorové uspořádání výroby by mělo odpovídat základním požadavkům výroby. Důležitými faktory, které mají podíl na daném uspořádání výroby, jsou například: hospodárnost výroby, přehlednost uspořádání, tok materiálu, minimální manipulace a v neposlední řadě bezpečnost práce. Při rozmísťování strojů a pracovišť v prostoru vycházíme z takzvaných rozmísťovacích metod. [5]

V současné době se rozlišují tyto základní způsoby uspořádání výroby: [5]

- Volné (individuální)
- Technologické
- Předmětné
- Modulární
- Buňkové
- nebo kombinace všech těchto typů

Všechny tyto způsoby rozmístění vycházejí ze společného základu, a tím je hlavní materiálový tok. Různé tvary materiálových toků jsou znázorněny na *Obrázku 1-3*.

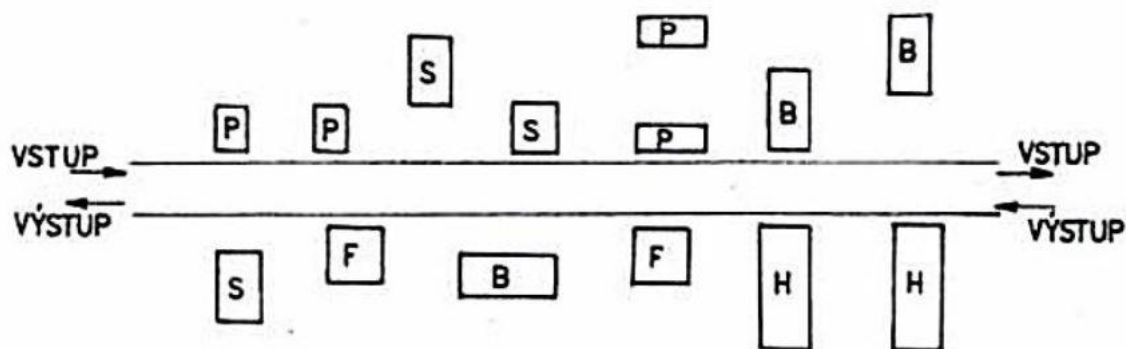


Obrázek 1-3 Typy materiálových toků [4]

- **Volné uspořádání**

Jedná se o takové uspořádání, při němž jsou stroje a pracoviště v prostoru seskupeny náhodně. Takové uspořádání lze užít tehdy, když není možné před ustavením strojů předem určit materiálový tok a návaznost operací. Nejčastěji se jedná o údržbářské dílny s kusovým charakterem. Volné uspořádání je v dnešní době nejméně častým způsobem uspořádání výroby. Při jeho navrhování je však i přes nahodilost procesu nutné dbát minimálně hygienických předpisů určených zákonem. [5] Ukázka volného uspořádání je znázorněna na *Obrázku 1-4*.



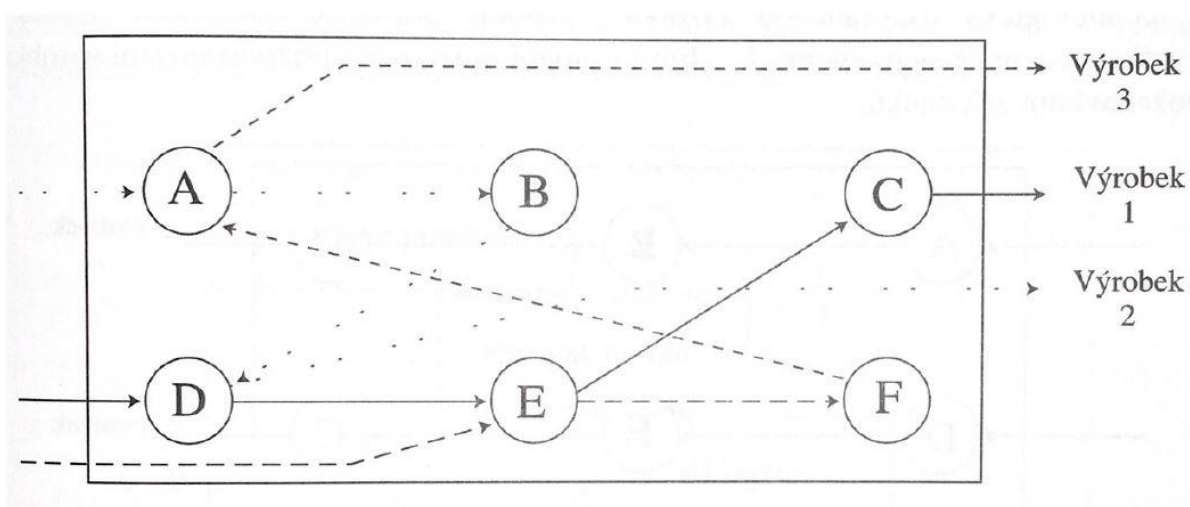


Obrázek 1-4 Volné uspořádání výroby [5]

Písmenka označují určitý druh stroje například pily, soustruhy apod.

#### • Technologické uspořádání

V technologickém uspořádání jsou stroje a pracoviště seskupovány dle technologické příbuznosti jednotlivých operací. Například všechny operace, které jsou spojené se svařováním, se provádí ve svařovně, kování v kovárně apod. Díky různorodému sortimentu vyráběných součástí nelze určit jednotný směr materiálového toku. Toto uspořádání je nejčastější pro kusovou a malosériovou výrobu ve strojírenství. [5] Výrobky se posouvají z jednoho pracoviště na druhé, dle technologického postupu. Ukázka technologického uspořádání je znázorněna na Obrázku 1-5.



Obrázek 1-5 Technologické uspořádání výroby [1]

#### Výhody technologického uspořádání:

- změna ve výrobním programu neohrozí celkovou výrobu
- docílí se lepšího využití strojů
- poruchy jednotlivých strojů nenaruší výrobu
- snadné zavedení vícestrojové obsluhy
- snadnější údržba strojů

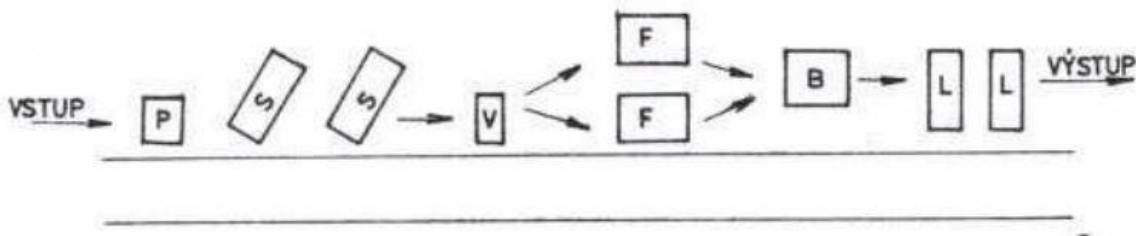
#### Nevýhody technologického uspořádání:

- dlouhý a komplikovaný materiálový tok
- rostoucí náklady na manipulaci

- delší průběžná doba výroby
- větší nároky na výrobní plochu
- potřeba vyšší kvalifikace pracovníků [5]

#### • **Předmětné uspořádání**

V předmětném uspořádání jsou pracoviště uspořádána tak, aby mezioperační přeprava výrobků případně materiálu byla minimální a co nejvíce plynulá. Pohyb součástí zde sleduje výrobní směr a vzniká takzvaný výrobní proud. Ideální předmětné uspořádání je možné sestavit pro jednu určitou součástku, nebo pro skupinu tvarově a technologicky podobných součástí. Dokonalejším výrobním stupněm předmětného uspořádání je výrobní linka. Nejvyšším výrobním stupněm předmětného uspořádání je takzvaná automaticky synchronizovaná výrobní linka, složená ze specializovaných jednoúčelových zařízení propojených dopravníkem a ovládacím panelem nebo řídicí jednotkou.[5] Ukázka předmětného uspořádání je znázorněna na *Obrázku 1-6*.



*Obrázek 1-6 Předmětné uspořádání výroby [5]*

#### **Výhody předmětného uspořádání**

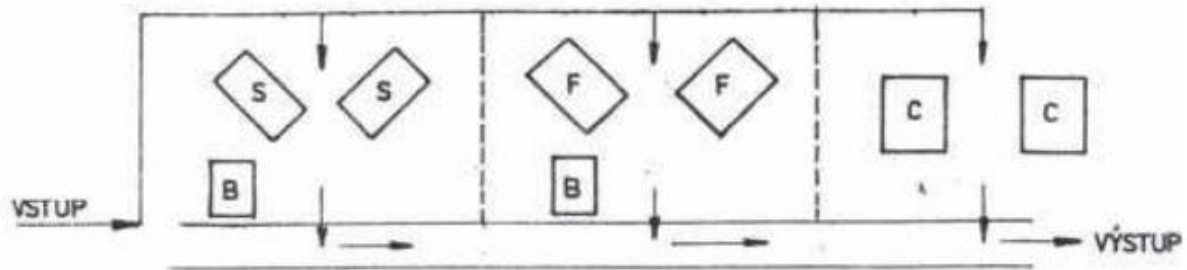
- snížení rozpracovanosti výroby
- zkrácení manipulačních vzdáleností
- zkrácení průběžné doby výroby
- menší výrobní plocha
- snížení nákladů na manipulaci

#### **Nevýhody předmětného uspořádání**

- složitá změna výrobního programu
- při poklesu objemu výroby klesne využití strojů
- poruchy jednotlivých strojů velmi naruší výrobu
- uspořádání vyžaduje konstrukci speciálních jednoúčelových strojů, linek
- finančně nákladnější [5], [3]

#### • **Modulární uspořádání**

Modulární uspořádání je z výše zmiňovaných nejnovější způsob uspořádání strojů na pracovišti. Svoje postavení ve výrobě získalo až s příchodem NC strojů. Uspořádání je charakteristické seskupováním stejných technologických bloků, z nichž každý plní více technologických funkcí. S ohledem na vyšší produktivitu práce je nutné modulární pracoviště využívat ve vícesměnném provozu. Kvůli jejich vyšší produkci výrobků je nutné technicky připravit ostatní navazující pracoviště. [3] Ukázka modulárního uspořádání je znázorněna na *Obrázku 1-7*.



Obrázek 1-7 Modulární uspořádání výroby [5]

### Výhody modulárního uspořádání

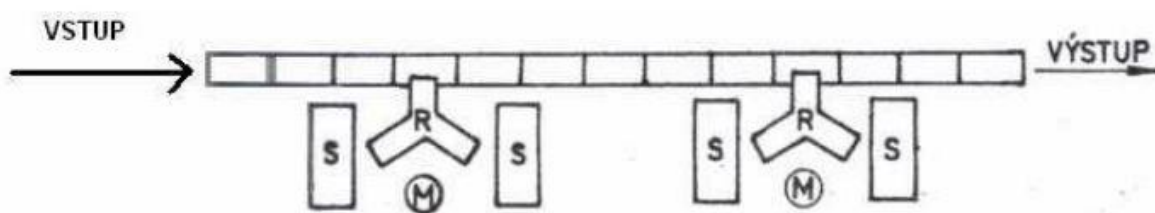
- vysoká produktivita práce
- zkrácení operačních časů
- zlepšení organizace práce a řízení výroby

### Nevýhody modulárního uspořádání

- uspořádání klade vyšší nároky na technickou přípravu výroby
- vysoká pořizovací cena strojů [5]

### • Buňkové uspořádání

V případě buňkového uspořádání se jedná o kombinaci technologického a předmětného uspořádání. Každá výrobní buňka představuje pracoviště, které je určeno pro výrobu určitého technologicky podobného typu výrobku. Buňky jsou vybaveny potřebným zařízením pro výrobu dané skupiny. Z tohoto pohledu odpovídá buňkové uspořádání předmětnému. Hlavní rozdíl je ale v tom, že v rámci buňky lze snadno upravovat pořadí prováděných operací a tok materiálu. Předpokladem je, že pracovníci, kteří buňky ovládají, mají znalosti pracovat s plným rozsahem těchto zařízení. To je důvodem, proč je buňkové uspořádání flexibilnější z hlediska výrobní náplně. [1] Pracoviště uspořádaná tímto způsobem by měla fungovat obvykle v třisměnném provozu, jelikož přípravné operace se na pomocném pracovišti provádějí i za chodu hlavního pracoviště. Ukázka buňkového uspořádání je znázorněna na Obrázku 1-8.



Obrázek 1-8 Buňkové uspořádání výroby [5]

### Výhody buňkového uspořádání

- vysoká produktivita práce
- zkrácení průběžné doby výroby
- přesné dodržování technologické kázně

### Nevýhody buňkového uspořádání

- vyšší pořizovací cena strojů
- finančně nákladnější
- náročnější plánování kapacit

- **Kombinované uspořádání**

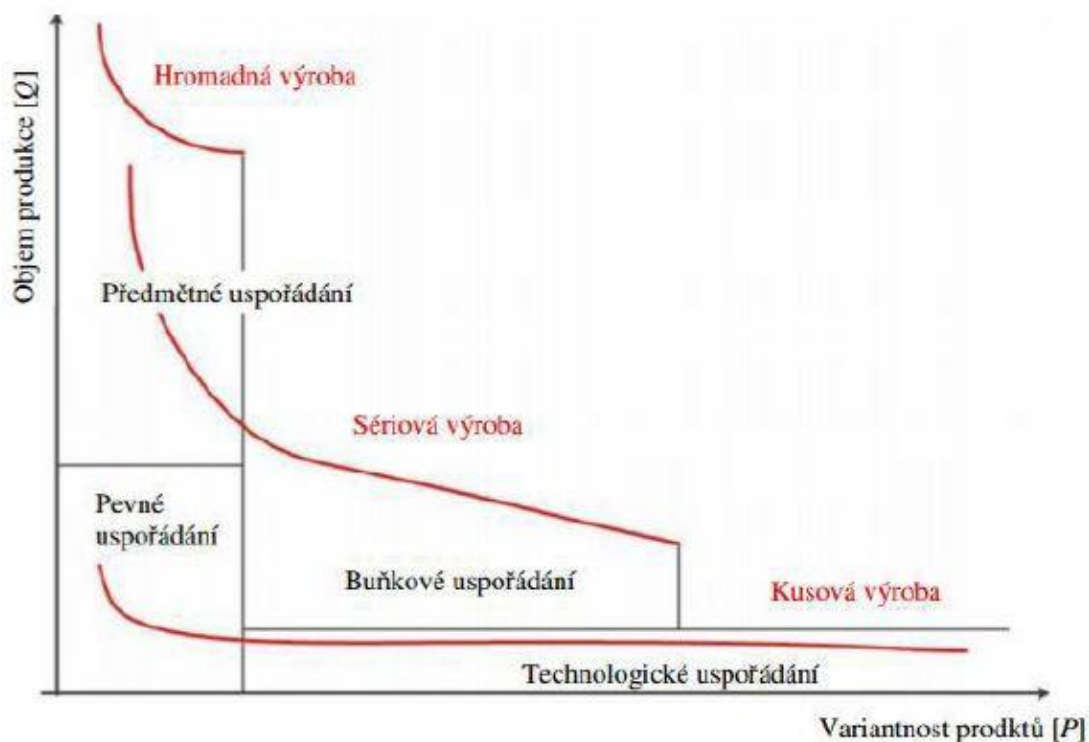
Využití kombinovaného uspořádání je zejména při projektování větších celků. V praxi není vždy možné jeden velký výrobní celek navrhnout v jednotném uspořádání, a proto dochází ke kombinaci. Toto uspořádání najde své uplatnění zejména ve strojírenské středněsériové výrobě.

### 1.1.3 Analýza P-Q

P-Q analýza neboli analýza produktu a množství je vhodná analýza pro přiřazení způsobu uspořádání k dané výrobě. Na ose „x“ je znázorněn počet druhů výrobků, osa „y“ představuje objem produkce. Na základě těchto dat je výroba rozdělena na tři hlavní typy (kusová, sériová, hromadná) a těmto typům je přiřazen nejvhodnější způsob prostorového uspořádání výrobního systému. P-Q analýza je prvotní analýza projektanta, která poskytne první užitečné informace o typu výroby. Současně s tím poskytuje přibližné informace o vhodném stupni automatizace, manipulace s materiálem, včetně způsobů plánování výroby. [3]

P-Q analýza sebou přináší i rizika, a to zejména spojená se spolehlivostí jednotlivých údajů. Výrobní trh se v dnešní době neustále mění, a proto je těžké stanovit výrobní sortiment a výrobní množství na delší časové období.

P-Q analýza je znázorněna na *Obrázku 1-9*.



Obrázek 1-9 P-Q analýza [6]

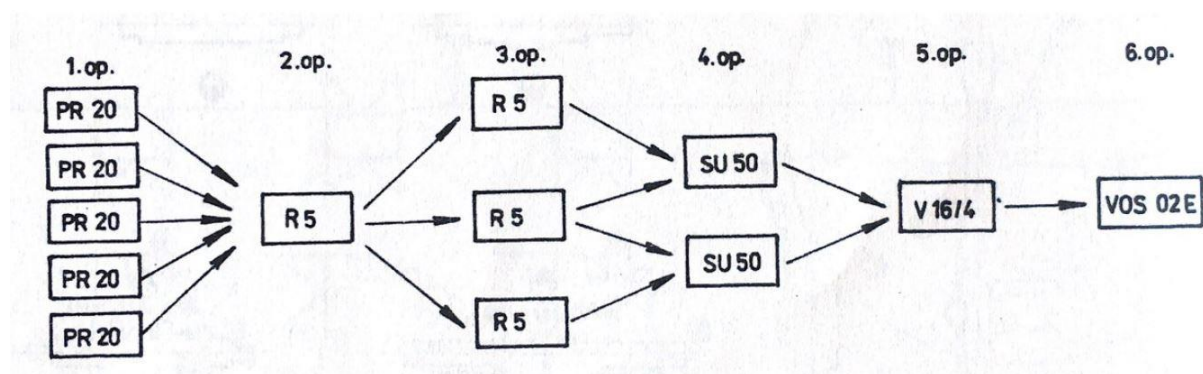
## 1.2 Výrobní linky

V předchozí kapitole 1.1 byly definovány pojmy, jako je výroba, jakým způsobem se dělí a byly představeny základní způsoby uspořádání výroby. Protože praktická část práce se zabývá výrobní linkou, tak by bylo vhodné se i o tomto tématu zmínit.

Jak již bylo řečeno, výrobní linka je nejvyšším stupněm předmětného uspořádání. Do výrobní linky se vkládá materiál, který je zpracováván postupně na jednotlivých pracovištích v určitém čase, a v čase dokončení na daném pracovišti putuje materiál na pracoviště další. Výroba tedy probíhá plynule a cílem je, aby byla v co nejkratším čase.

Při navrhování výrobní linky je nejdůležitější správným způsobem stanovit počet strojů a zařízení tak, aby vždy docházelo k jejich dostatečnému využití. Dalším důležitým faktorem jsou výrobní časy. Proto musí docházet k zásahům v technologickém postupu výroby, kdy se práce člení na úseky tak, aby doba trvání jednotlivých operací byla násobkem taktu linky. Tato synchronizace musí být samozřejmě prováděna i s ohledem na vytížení pracovníků, tedy obsluhy linky. [5]

Sestavení dispozičního řešení jednopředmětné linky bývá z pravidla jednodušší, než řešení u linky pro více výrobků. Sestavení vychází z rozmisťovacích metod pracovišť, a při sestavování dispozičního návrhu si v půdorysu značíme i technologický tok jednotlivých dílců linkou. [5] *Obrázek 1-10* představuje schématické znázornění jednopředmětné linky.



*Obrázek 1-10 Schéma jednopředmětné linky [5]*

Výroba na lince vyžaduje koordinaci vztahů a pohybů materiálu, dělníka a stroje. Při řešení koordinace vztahů si dle [5] vybíráme z řady možných způsobů:

- **pohyb materiálu** – součást se pohybuje od jednoho pracoviště k druhému
- **pohyb dělníka** – dělník se pohybuje od pracoviště k pracovišti, kde vykonává svoji činnost
- **pohyb strojů** – dělník na stabilním pracovišti užívá postupně různých nástrojů
- **pohyb materiálu, dělníka i stroje** – v průběhu operace se spolu s dělníkem pohybuje výrobek i nástroj

Jednou z kategorií výrobních linek jsou linky montážní. Na montážních linkách nedochází ke zpracování materiálu (změna tvaru apod.), ale jednotlivé komponenty jsou montovány k sobě.

### 1.2.1 Rozdělení montážních linek

Podle zdroje [7] se montážní linky dělí dle hledisek na:

- **s využitím mechanizace a zapojením člověka do montáže**
  - ruční linky
  - poloautomatizované linky
  - automatické linky
- **dle způsobu pohybu montovaného výrobku**
  - stacionární linky
  - linky s pohybujícím se výrobkem
- **dle způsobu provádění montážních prací**
  - přímo na dopravníku
  - mimo dopravník
- **dle způsobu prostorového uspořádání**
  - jednoduché linky
  - rozvětvené linky
- **dle stupně synchronizace**
  - synchronizované linky (nepřetržité)
  - nesynchronizované linky (přerušované)
- **dle montážního taktu**
  - linky s pevným montážním taktem
  - linky s volným montážním taktem
- **dle počtu montovaných druhů na lince**
  - jednopředmětové linky (stálé)
  - víceřadové linky (střídavé)

Synchronizované montážní linky jsou charakterizované pevně definovanou vazbou mezi jednotlivými pracovišti, pravidelným rytmem střídání činností jednotlivých montážních pracovišť a dopravním systémem. Takt synchronizované linky je definován nejdelším cyklem montážní operace.

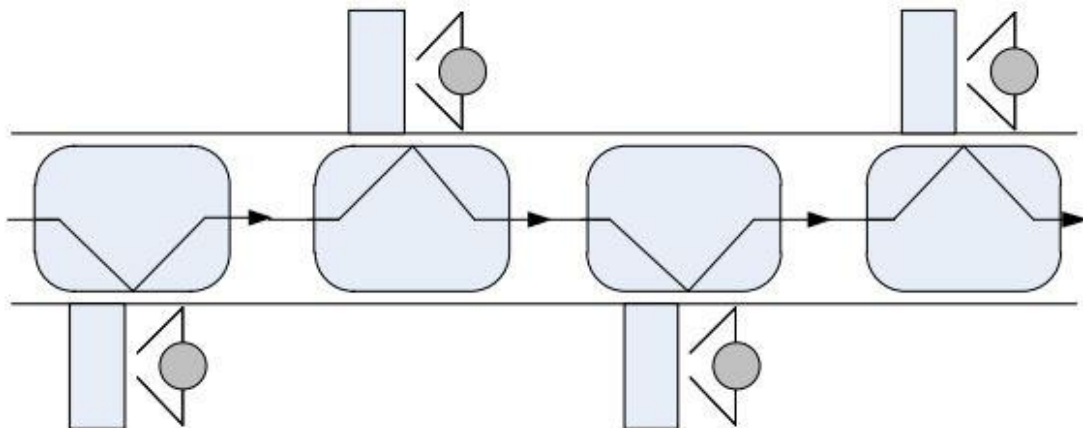
Nesynchronizované montážní linky jsou charakterizovány volnou vazbou mezi jednotlivými pracovišti. Takt linky je částečně volný a je definován rytmem práce operátora. Nevýhodou je, že rozdílnému taktu jednotlivých operátorů je nutné tvořit takzvané mezioperační zásoby montovaných výrobků. Naopak výhodou je, že linky mají vysokou míru pružnosti při změně typu montovaného výrobku. [7]

## 1.2.2 Prostorové uspořádání linek

Základní prostorové uspořádání jednoduchých a rozvětvených linek lze dle [7] rozdělit podle:

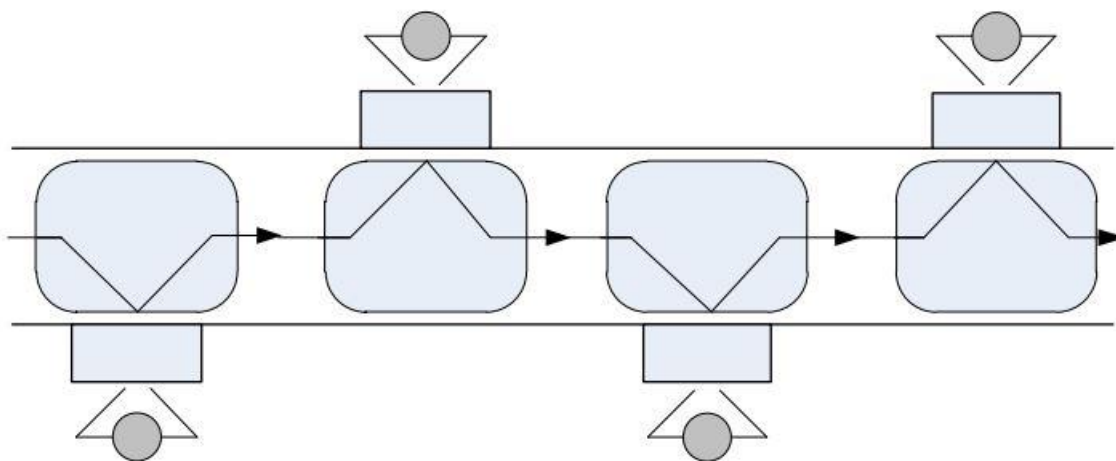
- **obsazení stran montážní linky**
  - jednostranné linky
  - oboustranné linky
- **směru pohybu linky**
  - jednosměrné linky
  - obousměrné linky
- **postavení montážních pracovišť k lince**
  - boční postavení
  - čelní postavení

Montážní linky s bočním postavením pracoviště nabízí lepší možnost využití montážních strojů a lepší podmínky pro manipulaci s rozměrnými přípravky. Ukázka bočního postavení k montážní lince je znázorněna na *Obrázku 1-11*.



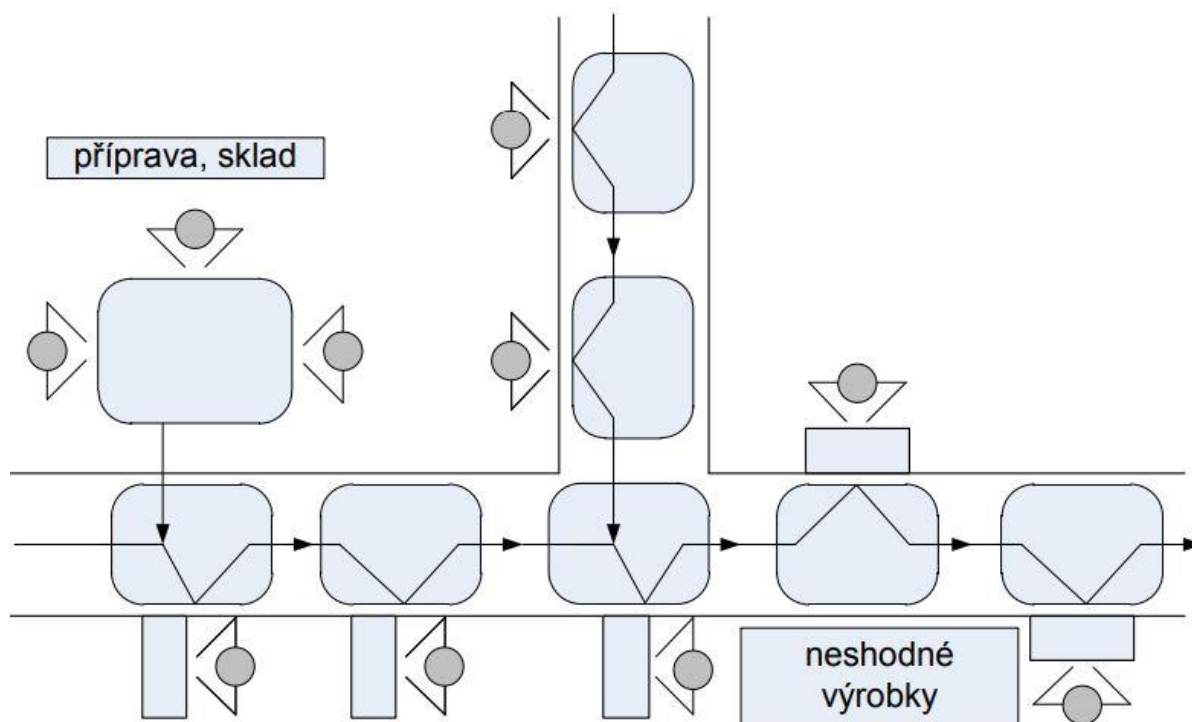
*Obrázek 1-11 Ukázka bočního postavení k lince [7]*

Montážní linky s čelním postavením pracovišť mají zpravidla nižší nároky na pracovní prostor a umožňují manipulovat s předměty pomocí obou rukou. Nevýhodou je, že manipulované břemeno musí být menších rozměrů. Ukázka čelního uspořádání je znázorněna na *Obrázku 1-12*.



Obrázek 1-12 Ukázka čelního postavení k lince [7]

Uspořádání rozvětvených linek je náročné zejména z hlediska prostoru. Linky se těžko přizpůsobují změnám ve výrobním programu. Z tohoto důvodu jsou využívány zejména ve velkosériové a hromadné výrobě, kde se vyrábí pouze jeden druh výrobku s velkým ročním objemem. Ukázka rozvětvené montážní linky je znázorněna na Obrázku 1-13.



Obrázek 1-13 Rozvětvená montážní linka [7]



## 2 Ovlivnění efektivity práce

Efektivita práce je jedním ze základních ukazatelů konkurenceschopnosti podniku, je nutné tento pojem, včetně faktorů, které ji ovlivňují řádně definovat.

### 2.1 Efektivita práce

Efektivita, též dle některých autorů označovaná jako účinnost, efektivnost nebo produktivita je obecně znázorněna jako poměr získaného užitku a vložených zdrojů k jeho vytvoření. Jinak řečeno se jedná o poměr výstupů a vstupů nějaké činnosti nebo systému. Z hlediska podniku, který se zabývá výrobou, se může jednat o poměr množství či kvalitu produktů a množství zdrojů vložených do výrobního procesu. Zjednodušeně řečeno se jedná o takové množství použitých zdrojů, kterým je dosaženo maximálního objemu výroby a kvality produktů. [8]

Jeden z nejznámějších citátů ve světě managementu, kterým je autor P. F. Drucker říká: „Účelnost je o děláni správných věcí a efektivnost je děláni věcí správně.“ [8]

#### 2.1.1 Vztahy pro výpočet efektivity práce

Za účelem výpočtu efektivity je nutné si stanovit objekt výpočtu, v podobě určitého systému vymezeného výstupem a vstupem. Dle [9] lze efektivitu počítat takto:

- **Obecné vyjádření efektivity**

Ve vztahu k výrobnímu procesu je efektivita vyjádřena jako podíl objemu výroby a vynaložených nákladů.

$$\text{efektivita} = \frac{\text{výstup}}{\text{vstup}} \quad (1)$$

- **Celkové vyjádření efektivity**

Celková efektivita je vyjádřena jako podíl finančně vyjádřených celkových výstupů a finančně vyjádřených celkových vstupů ve výrobním procesu.

$$\text{celková efektivita} = \frac{\text{celkové výstupy}}{\text{celkové vstupy}} \quad (2)$$

- **Efektivita práce**

Efektivita práce je dána parciální efektivitou celkové efektivity se zaměřením na konkrétní výrobní prvek.

$$\text{efektivita práce} = \frac{\text{přidaná hodnota}}{\text{odpracované hodiny}} \quad (3)$$

Dalším možným výpočtem efektivity je jeden z nejpoužívanějších ukazatelů efektivity OEE neboli Overall Equipment Effectiveness. OEE je klíčová informace pro podniky, které neustále zlepšují a zvyšují výkon svých zařízení. Zavádí pojmy jako dostupnost, výkon a kvalita. [10]

- **dostupnost** – ztráty způsobené prostoji nebo poruchami strojů
- **výkon** – ztráty využití normované kapacity, ztráty způsobené nižším výrobním taktem
- **kvalita** – ztráty z nekvality výrobků

OEE je vyjádřeno v procentech jako součin těchto uvedených faktorů. Tyto faktory jsou označovány jako KPI neboli Key Performance Indicator. Jejich výpočet je následovný. [10]

$$\text{dostupnost} = \frac{\text{skutečný čas výroby}}{\text{plánovaný čas výroby}} \quad (4)$$

$$\text{výkon} = \frac{\text{skutečně vyrobené množství}}{\text{teoreticky vyrobené normované množství}} \quad (5)$$

$$\text{kvalita} = \frac{\text{celkové množství OK (shodných výrobků)}}{\text{celkové množství všech výrobků}} \quad (6)$$

$$\text{OEE} = \text{dostupnost} \times \text{výkon} \times \text{kvalita} \quad (7)$$

### 2.1.2 Měření efektivity práce

Nejčastějším způsobem pro vyjádření měření efektivity práce může být to, kdy efektivitu práce vyjadřujeme prostřednictvím produktivity. V metodách průmyslového inženýrství existuje mnoho způsobů, jakými lze měřit produktivitu práce. Většina metod je zaměřena na měření spotřeby času daných operací (takt linky, délka trvání operace apod.). Existují ale i jiné druhy ukazatelů (norem), které udávají efektivnost neboli produktivitu dané práce.

Dle zdroje [11] jsou to:

- **norma výkonová**
  - norma času – ukazuje spotřebu času na danou operaci
  - norma množství – ukazuje počet operací, ve kterých je výkon měřen na časovou jednotku

- **norma obsluhy** – udává počet jednotek, přidělených k obsluze pracovníkovi nebo pracovní skupině
- **norma počtu** – udává počet a kvalifikační strukturu pracovníků v organizačním útvaru
- **norma pracnosti** – udává spotřebu času na určitý objem výroby

Většina těchto norem se používá pro plánování objemu výkonů, nákladů atd. Normy slouží také jako hodnocení technicko-organizační úrovně podniku. Stanovení spotřeby času pozorováním a měřením na pracovišti se označuje jako časová studie. Časovou studii lze provést pomocí klasického měření (stopky) nebo staticky z četnosti sledovaných dějů. [11] *Tabulka 2-1* ukazuje přehled dostupných časových studií.

*Tabulka 2-1 Přehled časových studií [11]*

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

Aby měření proběhlo správným způsobem, tak je vždy důležité si stanovit takzvaný moment měření. Tedy časový úsek od kdy do kdy danou operaci měříme. Například příjezd WT paletky s díly na stoper dané stanice, po odeslání operátorem na stanici následující. Moment měření je nutné stanovit vždy před začátek měření.

Dalšími způsoby určování efektivnosti práce a spotřeby času jsou metody předem určených časů, které budou využité i v praktické části této diplomové práce, proto by bylo dobré se o nich v krátkosti ještě zmínit.

- **MTM**

MTM neboli Methods Time Measurement (metoda časového měření) je nejdetailnější způsob měření času při studiu práce. Své uplatnění nachází již ve stádiu plánování. Analýza MTM spočívá v tom, že pracovní postup rozložíme do elementárních a dále nedělitelných prvků pohybu. Současně nikdy nemůže probíhat více prvků zároveň, a tuto metodu nelze použít na běh stroje. [11]

**Výhody metody:**

- MTM zavádí jednotný výkonový stupeň
- získání časů dřív, než dojde k zahájení výroby
- díky pečlivé analýze je možné v předstihu odhalit elementy, které negativně ovlivňují výkonnost a zbytečné pohyby

**Nevýhody metody:**

- metoda je náročná, je nutné důkladné školení měřitelů
- praktické zavedení se pohybuje v rozmezí 4 měsíců až 2 let
- 1 minuta měřeného času = hodina vypracování

Analýza MTM zohledňuje celkem 8 základních pohybů rukou a prstů, 2 zrakové funkce a 12 pohybů dolních končetin těla.

- **MOST**

MOST neboli Maynard Operation Sequence Technique patří taktéž k metodám předem určených časů. Použití této metody je stejné jako u MTM, tedy lze použít pouze na manuální část pracovního postupu, nikoliv na běh stroje. Koncept MOST vychází z toho, že práce je vydaná energie za splnění určitého úkonu. Zjednodušeně řečeno je práce přemístování hmoty či objektů. Přemístování objektů sleduje určité opakující se vzorce jako je sáhnout, uchopit, přemístit a umístit objekt. Tyto vzorce jsou definované jako sekvence pohybů a proto, základ metody MOST je právě sekvence. Výhody a nevýhody této metody jsou přibližně stejné ve srovnání s MTM, až na to, že použití metody MOST je mnohem méně časově náročné oproti MTM a ve většině podniků rozšířenější. [11]

Obě tyto metody mají společné to, že jejich výsledkem je speciální čas, vyjádřený jako TMU. TMU neboli Time Measurement Units. Abychom z těchto jednotek získali pro nás užitečný čas dané operace, existuje přepočítání ve tvaru  $1\text{TMU} = 0,036$  vteřiny. *Tabulka 2-2* slouží jako ukázka datakarty MOST pro obecné přemístění.

Tabulka 2-2 Datakarta MOST [11]

Obecné Přemístění					Akce na určitou vzdálenost								
ABG Získat		ABP Položit	A Návrat		Dopříčkové hodnoty		A						
Index x10	Akce na určitou vzdálenost	A	Pohyb těla	B	Získání kontroly	G	Umístění	P	Index x10	Index	Kroky	Vzdálen (ft)	Vzdálen (m)
0	≤ 2 in. (5 cm)		Žádný pohyb těla		Bez získání kontroly Držet		Bez umístění Držet Hodit		0	24	11-15	38	12
1	Na dosah				Uchopit lehký objekt Uchopit lehký objekt Simo		Odložit Volné tolerance		1	32	16-20	50	15
3	1 – 2 kroky		Sednout bez ustavení Vstát bez ustavení Sehnout se a napřímít 50 %		Získat Ne-simo Získat těžký/objemný Získat neviděný Získat blokováný Promíchaný Rozpojit,Shromáždit		Volné tolerance při nevidění Umístit s ustavneím Umístit s lehkým tlakem Umístit s dvojitým umístěním		3	42	21-26	65	20
6	3 – 4 kroky		Sehnout se a napřímít				Uložit s péčí Uložit s pfeností Uložit neviděný Uložit blokováný Uložit velkým tlakem Uložit s mezipohyby		6	54	27-33	83	25
10	5 – 7 kroků		Sednout Vstát						10	67	34-40	100	30
16	8 – 10 kroků		Sehnout se a sednout, Vylézt nahoru, Slézt dolů, Vstát a sehnout se, Dvěma						16	81	41-49	123	38
										96	50-57	143	44
										113	58-67	168	51
										131	68-78	195	59
										152	79-90	225	69
										173	91-102	255	78
										196	103-115	288	88
										220	116-128	320	98
										245	129-142	355	108
										270	143-158	395	120
										300	159-174	435	133
										330	175-191	478	146

## 2.2 Faktory ovlivňující efektivitu práce

Efektivita práce roste s tím, že roste objem vykonané práce a zároveň se zmenšuje objem spotřeby práce. Zvýšení úrovně plnění lze dosáhnout také tím, že zvýšíme intenzitu práce, která znamená koncentraci vynakládané práce v určitém čase. [12] Úroveň intenzity práce musí být přizpůsobena relativním podmínkám, ve kterých se pracovník nachází.

Nejčastějšími faktory, které ovlivňují produktivitu práce ve výrobě, jsou dle [12] tyto:

- technická vybavenost
- úroveň technologické vyspělosti
- úroveň specializace
- rozsah sériové výroby
- kvalifikace pracovníků
- stimulace, motivace pracovníků
- pravidelnost zásobování
- správné využití pracovní doby
- optimalizace struktur výroby
- pracovní podmínky

Posledním bodem jsou zmíněné pracovní podmínky. Pracovní podmínky jsou úzce spojené s pojmem ergonomie práce, která má ve výrobě velký podíl na tom, jak je daný pracovník výroby produktivní. V kapitole 2.2.1 jsou specifikovány základní ergonomické požadavky na pracovišti.

### 2.2.1 Základní ergonomické požadavky na pracovišti

Ergonomie je interdisciplinární obor, který řeší optimální vztahy mezi člověkem, pracovními prostředky a pracovním prostředím. Cílem ergonomie je vytvořit technické a organizační podmínky pro efektivní lidskou práci, snížit nepříjemnou pracovní zátěž a zvyšovat pracovní pohodu. [11]

#### • Pracovní prostor

Pracovní prostor je místo, kde je možné a vhodné vykonávat příslušnou činnost. Pracovní prostor pracovníka musí splňovat jistá kritéria.

○ *Volná podlahová plocha pro jednoho pracovníka:*

- denní osvětlení – minimálně 2 m<sup>2</sup>
- umělé osvětlení – minimálně 5 m<sup>2</sup>
- šířka plochy pro pohyb nesmí být zúžena pod 1 metr

○ *Světlá výška pracoviště (výška nad podlahou):*

- denní osvětlení – minimálně 2,5 m při ploše menší než 50 m<sup>2</sup>
- umělé osvětlení – minimálně 3 m při ploše menší než 100 m<sup>2</sup>

- *Vzdušný prostor na jednoho zaměstnance:*
  - denní osvětlení – minimálně 12 m<sup>3</sup> při práci v sedě
  - umělé osvětlení – minimálně 20 m<sup>3</sup> při práci v sedě
  - denní osvětlení – minimálně 15 m<sup>3</sup> při práci ve stoje
  - umělé osvětlení – minimálně 25 m<sup>3</sup> při práci ve stoje

- **Manipulační prostor**

Manipulační prostor je rozdělený do 3 kategorií.

- *Optimální* – manipulační prostor omezený dosahem předloktí
- *Normální* – manipulační prostor je omezený dosahem středu dlaně
- *Maximální* – manipulační prostor je omezený dosahem konečků prstů a náklonem těla do 15 stupňů

- **Výška pracovní roviny**

Výška pracovní roviny je závislá na rozměrech předmětu práce, na požadavcích na zrakovou kontrolu a přesnost práce. U mužů je pro práci ve stoje doporučena výška pracovní roviny 1020 až 1180 mm, u žen je to 930 až 1080 mm.

Základní ergonomické požadavky při práci byly zpracovány ze zdrojů [11] a [13].

## 2.2.2 Plýtvání

Efektivita práce je z největší části negativně ovlivněna plýtváním. Za plýtvání se považuje vše, co danému procesu nepřidává hodnotu. V podnicích výrobního sektoru se rozlišuje celkem 7 základních druhů plýtvání. [14]

- **Přemísťování** – zbytečné přemísťování materiálu je plýtvání
- **Skladování** – zbytečné skladování je plýtvání
- **Pohyb** – zbytečný pohyb pracovníků je plýtvání
- **Čekání** – zbytečné prostoje a čekání je plýtvání
- **Nadvýroba** – výroba nad rámec požadavků je plýtvání
- **Nadbytečné zpracování** – zbytečná kvalita nebo zpracování, které již nepožaduje zákazník je plýtvání
- **Vady** – výroba defektních výrobků je plýtvání.

### 3 Analýza současného stavu

Cílem praktické části diplomové práce je navrhnout způsob zvýšení efektivity práce na výrobní lince v podniku Witte Nejdek, spol. s.r.o. Ještě před popisem současného stavu linky je v krátkosti představena společnost Witte Automotive.

#### 3.1 Představení společnosti

Společnost byla založena roku 1899 v německém městě Velbert a zpočátku se zabývala výrobou zámků pro cestovní zavazadla. Před začátkem druhé světové války začala firma vyrábět kování pro automobily a prvním vozidlem, který jezdil s komponenty Witte, byl VW „Brouk“. Později došlo k založení vlastní slévárny a paleta produktů byla značně rozšířena. V 70. letech se vývoj rozšířil na všechny komponenty zamykacích systémů v automobilu. Roku 1992 došlo k založení Witte Nejdek v České republice, čímž výrazně vzrostla konkurenceschopnost na trhu. [15]

V současné době výrobní závod v Nejdku zaměstnává přes 2000 lidí a vyrábí pro všechny slavné automobilky zamykací systémy dveří, zamykací systémy pro přední a zadní kapoty a bezpečnostní systémy sedadel.

#### 3.2 Popis linky

Linka nese označení LGB BMW I, produkt z této linky slouží jako dveřní výztuha pro kliku. Z důvodu uchování firemního tajemství je možné linku představit pouze jako 2D layout a produkt z linky jako některé předem vybrané fotografie.

##### 3.2.1 Linka a její stanice

Bez stanic, které jsou určeny pro operátory, jako stanice sloužící pro ruční vkládání dílů se linka BMW LGB I skládá celkem ze čtyř hlavních celků (St.40, St.60, St.70 a St.80) a ty se dále dělí na stanice, kterých je celkem 12.

- Stanice 41 – šroubování
- Stanice 42 – šroubování
- Stanice 43 – vložení vymežovacího kusu
- Stanice 55 – překlopení závaží
- Stanice 60 – vložení přípojovacího kusu
- Stanice 71 – kontrolní stanice
- Stanice 72 – kamerová kontrola
- Stanice 81 – kontrolní stanice
- Stanice 82 – stanice mazání
- Stanice 83 – otáčení WT, kontrolní stanice
- Stanice 84 – značení dílů
- Stanice 85 – otočení WT, kontrolní stanice

Všechny tyto stanice jsou plně automatické, tedy jejich provoz je možný bez zásahu operátorů. Pohyb dílů v celé lince zajišťuje dopravníkový pás a WT paletky, na kterých jsou nesené díly. Každá WT paletka má kapacitu 2 dílů.



Pro operátory, tedy obsluhu linky jsou určeny celkem 4 stanice. Těmi stanicemi jsou:

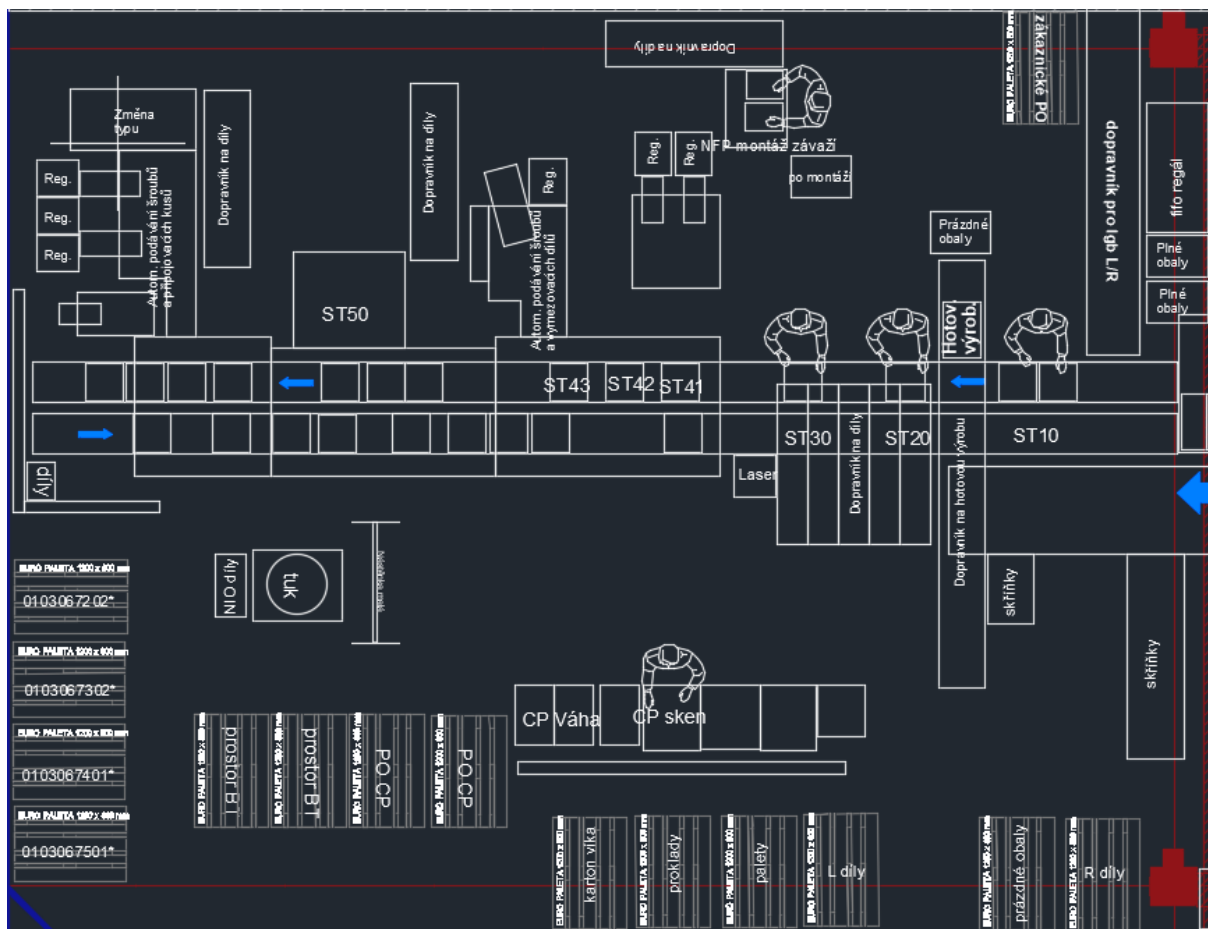
- Stanice 10 – vkládání prázdných výztuh a vyjímání hotových dílů
- Stanice 20 – vkládání dílů pro levou výztuhu na paletce
- Stanice 30 – vkládání dílů pro pravou výztuhu na paletce
- Stanice 50 – vkládání dílů pro levou i pravou výztuhu na paletce

Stanice 10, 20 a 30 jsou stanice čistě ručního charakteru, stanice 50 je poloautomatická stanice, kde operátor zakládá díly pro robota, který následně kompletuje obě zmíněné výztuhy.

### • Pomocná pracoviště

Kvůli jistým technickým problémům jsou k lince vztažena další dvě pracoviště, bez kterých linka nemůže být v provozu. Jedno pracoviště slouží jako ruční předmontáž závaží s pružinkou a druhé pracoviště slouží jako výstupní kontrola, která má za cíl kontrolovat, zda nedošlo k záměně typů produktů při výrobě.

Obrázek 3-1 znázorňuje linku BMW LGB I, uspořádání pracovišť okolo linky a počet operátorů potřebných k výrobě.

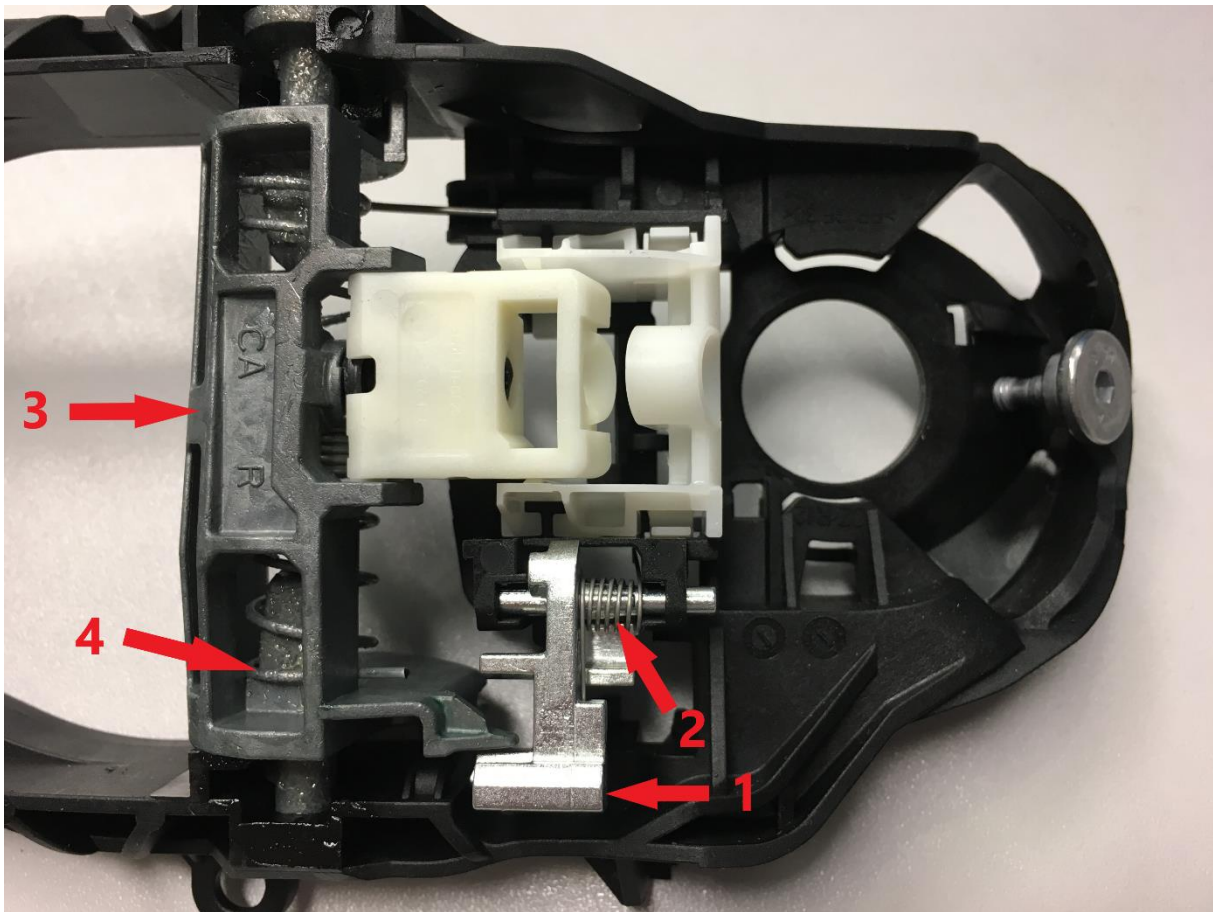


Obrázek 3-1 2D náhled pracoviště [16]

### 3.2.2 Produkt linky

Na *Obrázku 3-2* lze vidět část dveřní výztuhy, která slouží jako zástavba pro dveřní kliku. Výztuha se skládá celkem z devíti součástí, avšak pro tuto práci je důležité zmínit pouze čtyři, které jsou označeny na obrázku. Znat název níže označených prvků je důležité pro pochopení další části práce.

- Označené součásti jsou:
  - 1) massenspare
  - 2) pružinka massenspare
  - 3) závaží (páka kliky)
  - 4) pružina závaží



*Obrázek 3-2 Ukázka produktu linky (autor)*

Tyto čtyři díly jsou v průběhu procesu vkládány do základny obsluhou manuálně, zbytek je plně automatický a je vkládán v lince.

### 3.2.3 Výrobní program

Na lince se vyrábí několik typů dveřních výztuh, které se liší ve velikosti některých dílů nebo jsou odlišné pro dveře předních a zadních cestujících. Pro tuto práci je nejdůležitější rozdělení výroby na typ „s massenspare“ a typ „bez massenspare“. Základní funkcí výztuhy je otevření dveří vozidla. Výztuha může být doplněna o tzv. „massenspare“, jehož funkce spočívá v tom, že v případě havárie zamezuje nežádoucímu otevření dveří.

Zastoupení těchto typů na počet celkových vyrobených kusů je přibližně 65% s massenspare a 35% bez massenspare. Linka pracuje v třisměnném provozu, tedy 15 směn v týdnu.

Pokud nebudeme zahrnovat pracoviště výstupní kontroly, které je na *Obrázku 3-1* označené jako „CP sken“, tak je linka neustále obsluhována čtyřmi pracovníky. Jejich směna je rozvržena na 7,5 hodiny, tedy 450 minut a čistý výrobní čas jednoho pracovníka je 440 minut/směna s odečtením hygienických přestávek. Takt linky je udán nejpomalejším operátorem, který je na pomocném pracovišti s taktem 6 sekund/ kus. Tedy při zastoupení 4 operátorů pracujících 440 minut za směnu s taktem 6 sekund/ kus je norma spočítaná na 409 minut/1000 kusů a kapacita linky je 4400 kusů za směnu v případě nulových prostojů.

Takt strojních pracovišť v lince je omezen stanicí 82, tedy stanicí mazání s taktem 9,6 sekundy na 1 WT paletku se dvěma díly. Takt je vyjádřen od vpuštění WT paletky do stanice z koncového stoperu stanice 81 po uvolnění WT paletky ze stoperu stanice 82.

### 3.2.4 Nedostatky výroby s vlivem na efektivitu práce

Linka se potýká s jistými problémy, které jsou popsány v následujících bodech.

- **Technické problémy**

Linka od začátku svého provozu v podniku vyrábí v režimu zvaném NFP neboli Not Fall Plan. Tento výrobní režim je způsobený tím, že je z části nefunkční poloautomatická stanice 50. Stanice 50 by správně měla fungovat tak, že operátor do zakládání založí pružinku a závaží, automatický mechanismus pružinku se závažím spojí a předá do prostoru, kde robot závaží s pružinkou vloží do výztuhy umístěné na paletce. Problém spočívá v tom, že automatický mechanismus není schopný pružinku do závaží stabilně vkládat. To je dáno odchylkami ramínek pružinky a v případě provozu této stanice je vytvářena více jak 70% zmetkovitost. Pokud by tato stanice byla zcela funkční, bylo by možné stanici obsluhovat jedním operátorem, za předpokladu výroby jednoho typu výztuhy na paletce. Linka umí vyrábět i dva typy výztuhy na jedné paletce (např. pravou a levou výztuhu zároveň), tento režim taktéž není provozován.

Vzhledem k uvedeným problémům je stanice programově vyjmuta z linky a paletky po páse stanicí pouze projíždějí. Je zde vytvořeno provizorní pracoviště, na kterém obsluha zakládá pružinky do závaží ručně a zásobuje linku. Práce robota, tedy vkládání závaží s pružinkou do výztuhy je plně nahrazena operátory na stanicích 20 a 30.

### • Vyšší počty obsluh

Pokud opět nebudeme zahrnovat pracoviště výstupní kontroly, tak jak již bylo řečeno, linka je neustále obsluhována čtyřmi pracovníky. Ti jsou rozmístěni u stanic 10, 20, 30 a čtvrtý operátor je na pracovišti mimo linku, ačkoliv výroba nemůže bez jeho práce fungovat. Aktuální stav uspořádání a počet operátorů na lince se liší od původního plánu při stavbě linky následovně.

- Výroba produktu bez massenspare

V případě tohoto typu výroby a za předpokladu výroby jednoho typu výztuhy na paletce je linka navrhována pouze pro dva operátory. První je umístěný na stanici 10, kde vkládá prázdné výztuhy a odebírá hotovou výrobu. Druhý je na stanici 50, kde vkládá závaží a pružinky pro obě výztuhy.

- Výroba produktu s massenspare

V případě tohoto typu výroby a za předpokladu jednoho typu výztuhy na paletce je linka navrhována pro tři operátory. První je stále na stanici 10, kde vkládá prázdné výztuhy a odebírá hotovou výrobu. Druhý operátor je na stanici 30, kde vkládá massenspare a pružinu massenspare pro obě lůžka a třetí operátor je na stanici 50, kde vkládá závaží a pružinky pro obě výztuhy.

### 3.3 Vytížení pracovníků

Jednotlivá vytížení pracovníků jsou znázorněna pomocí aktuálních MOST analýz. Všechny úkony a jejich časy jsou určeny na jednu WT paletku. Tedy doba trvání jednotlivých operací je vztažena na dvě výztuhy.

#### • Stanice 10

Tabulka 3-1 Most analýza- Operátor stanice 10 [16]

1	ST 10	V	A B 0 G 0	A 0 B 0 P 0	A 0	0 0 0 0	0	1	0	
2	Odebrat výztuhy ze skluzu dopravníku	V	A 1 B 0 G 1	A 0 B 0 P 0	A 0	0 0 0 0	0	1	30	1,08
3	Vložit výztuhy na WT	V	A 0 B 0 G 0	A 1 B 0 P 3	A 0	0 0 0 0	0	1	40	1,44
4	Odeslat na další pracoviště	R	A 1 B 0 G 1	M 1 X 0 I 0	A 0	0 0 0 0	0	1	30	1,08
5	Vyjmout OK kusy z WT a odložit do vývozního obalu	V	A 1 B 0 G 3	A 1 B 0 P 3	A 0	0 0 0 0	0	1	80	2,88
6	Vložit proklad	V	A 1 B 0 G 3	A 1 B 0 P 1	A 0	0 0 0 0	0	0,1	4,286	0,15

Doba trvání výše uvedených činností je 6,63 sekund. K tomuto je nutné připočítat ještě dobu na výměnu vývozních obalů, lepení etiket a skenování etiket. Tento čas nevychází z MOST analýzy, ale je pouze změřen a rozpočítán na jednotlivé kusy. Čas je změřen na 1,08 sekundy na paletku. Celkový čas, který operátor na stanici 10 potřebuje na založení paletky je 7,71 sekundy.

• **Stanice 20**

Tabulka 3-2 Most analýza- Operátor stanice 20 [16]

ST 20	V	A 0 B 0 G 0 1 1 1	A 0 B 0 P 0 1 1 1	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	1	0	0,00
Rozsypání mass. + pružiny mass.	V	A 1 B 0 G 3 2 1 2	A 1 B 0 P 3 1 1 2	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	0,1	10	0,36
Vyjmout pružinu mass. + mass. (odebrání símo z rozhazovače).	V	A 1 B 0 G 3 1 1 1	A 0 B 0 P 0 1 1 1	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	1	40	1,44
Vložit pružinu na ramenu mass.	V	A 0 B 0 G 0 1 1 1	A 1 B 0 P 1 1 1 1	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	1	20	0,72
Zasunout rameno pružiny do šachty výztuhy	V	A 0 B 0 G 0 1 1 1	A 1 B 0 P 3 1 1 1	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	1	40	1,44
Zasunout ramena mass. do šachet výztuhy	V	A 0 B 0 G 0 1 1 1	A 0 B 0 P 6 1 1 1	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	1	60	2,16
Vložit předmontané závaží a překlomit	V	A 1 B 0 G 1 1 1 1	A 1 B 0 P 3 1 1 1	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	1	60	2,16
Odeslat na další pracoviště	R	A 1 B 0 G 1 1 1 1	M 1 X 0 I 0 1 1 1	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	1	30	1,08

Doba trvání výše uvedených činností je 9,36 sekundy. K tomuto času je nutné připočítat dobu na doplňování materiálu a manipulaci s obaly. Tato doba opět nevychází z MOST analýzy, ale je stanovena měřením a rozpočítáním s časem 0,04 sekundy na výměnu obalů od součástek massenspare a 0,04 sekundy na výměnu obalů od pružinek massenspare. Celkový čas, který operátor na stanici 20 potřebuje na založení paletky je 9,44 sekundy.

• **Stanice 30**

Tabulka 3-3 Most analýza- Operátor stanice 30 [16]

ST 30	V	A 0 B 0 G 0 1 1 1	A 0 B 0 P 0 1 1 1	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	1	0	0,00
Rozsypání mass. + pružiny mass.	V	A 1 B 0 G 3 2 1 2	A 1 B 0 P 3 1 1 2	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	0,1	10	0,36
Vyjmout pružinu mass. + mass. (odebrání símo z rozhazovače).	V	A 1 B 0 G 3 1 1 1	A 0 B 0 P 0 1 1 1	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	1	40	1,44
Vložit pružinu na ramenu mass.	V	A 0 B 0 G 0 1 1 1	A 1 B 0 P 1 1 1 1	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	1	20	0,72
Zasunout rameno pružiny do šachty výztuhy	V	A 0 B 0 G 0 1 1 1	A 1 B 0 P 3 1 1 1	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	1	40	1,44
Zasunout ramena mass. do šachet výztuhy	V	A 0 B 0 G 0 1 1 1	A 0 B 0 P 6 1 1 1	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	1	60	2,16
Vložit předmontané závaží a překlomit	V	A 1 B 0 G 1 1 1 1	A 1 B 0 P 3 1 1 1	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	1	60	2,16
Odeslat na další pracoviště	R	A 1 B 0 G 1 1 1 1	M 1 X 0 I 0 1 1 1	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	1	30	1,08

Doba trvání výše uvedených operací včetně činností spojených s výměnou obalů je totožná jako u operátora na stanici 20, který vykonává totožné činnosti. Celkový čas, který operátor na stanici 30 potřebuje na založení paletky je 9,44 sekundy.

• **Pomocné pracoviště**

Jak již bylo dříve řečeno, pomocné pracoviště slouží k předmontáži závaží a pružinek jako náhrada za nefunkční mechanismus stanice 50. Norma pracovníka taktéž nevychází z MOST analýzy, ale je změřena. Norma je stanovena na 6 sekund na kus, tedy 12 sekund na paletku.

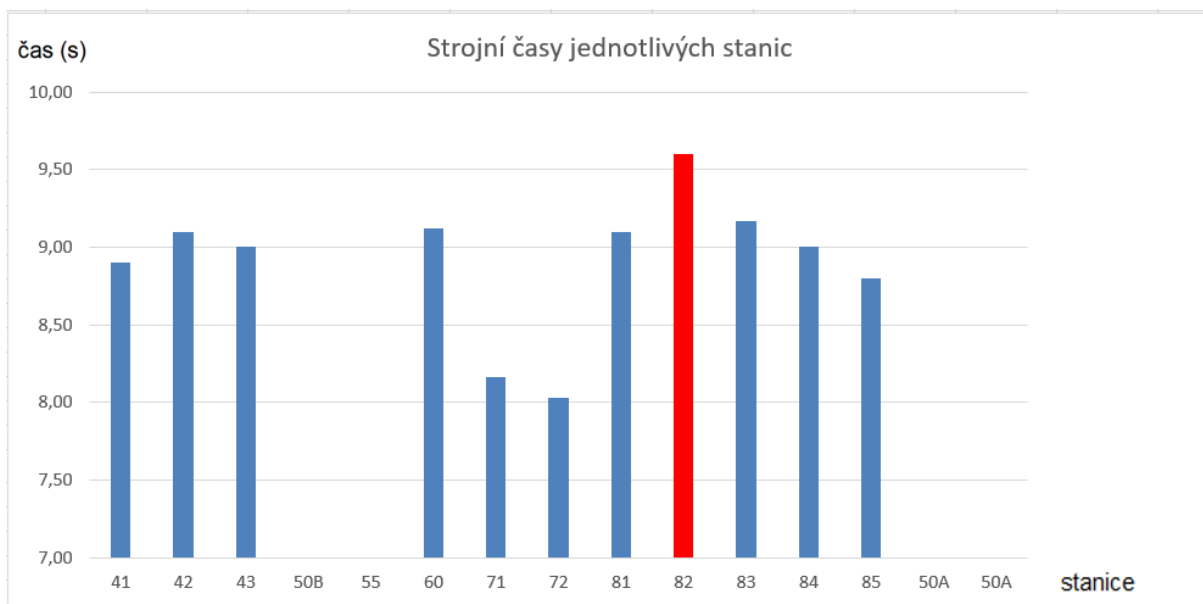
Následující *Obrázek 3-3* graficky znázorňuje časové vytížení jednotlivých operátorů.



Obrázek 3-3 Vytížení jednotlivých operátorů [16]

Z obrázku je patrné, že operátor číslo 4 je úzkým místem výrobního procesu a výrobní proces není správně vybalancovaný. Tím je velmi snížena efektivita práce.

Obrázek 3-3 ukazuje strojní časy jednotlivých automatických stanic. Stanice 50 je stanice mimo provoz. Rozdělená na napínací mechanismus a zakládání robotem pro levou a pravou stranu. Stanice 55 (překlopení závaží) je také mimo provoz. Překlopení závaží provádí obsluha.



Obrázek 3-4 Strojní časy jednotlivých stanic (autor)

Pokud by linka BMW LGB I byla omezena pouze strojním časem, tedy úzké místo linky by byla stanice 82 se strojním taktem 9,6 sekundy na paletku, tak kapacita linky v případě nulových prostojů je 5500 kusů za směnu. A to se rovná nárůstu produkce o 20%.

## 4 Návrh změn na výrobní lince ke zvýšení efektivity práce

V této kapitole jsou představeny tři variantní způsoby na zvýšení efektivity práce. První návrh označený jako varianta A je způsob, díky kterému se zvýší efektivita práce při jednom z typů výroby. Druhý návrh označený jako varianta B je způsob, díky kterému se zvýší efektivita práce při obou typech výroby. Třetí návrh označený jako varianta C je způsob, díky kterému se maximalizuje efektivita práce při obou typech výroby s nutností počáteční investice.

### 4.1 Varianta A

Jak již bylo zmíněno, linka je neustále obsluhována čtyřmi pracovníky při všech typech výroby. Hlavní rozdělení výroby bylo uvedeno na typ výroby s massenspare a typ výroby bez massenspare. Kde zastoupení těchto variant výroby je přibližně 65% s massenspare a 35% bez massenspare.

Varianta A je návrh na základě nízké vytiženosti operátorů konkrétně stanice 20 a stanice 30 při výrobě typu bez massenspare. Z aktuálních MOST analýz vyplývají následující informace. Operátoři stanice 20 a stanice 30 provádějí vždy totožné činnosti a to při obou typech výroby. Nicméně při typu výroby bez massenspare jim oběma odpadají oranžově znázorněné činnosti v *Tabulkách 4-1 a 4-2*.

Tabulka 4-1 MOST analýza- operátor stanice 20- bez massenspare [16]

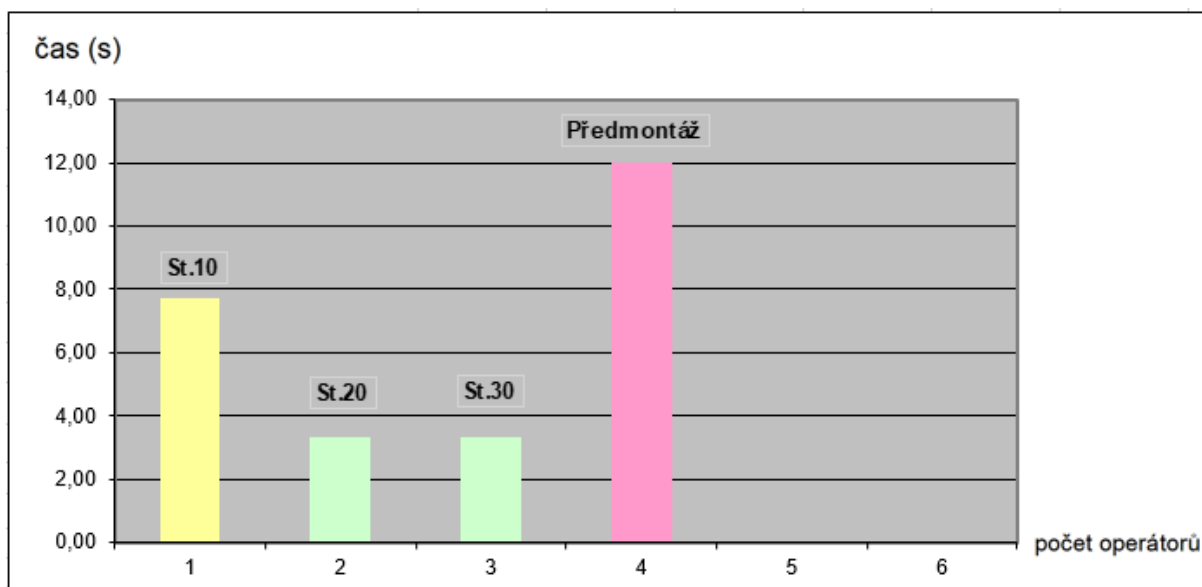
ST 20	V	A 0 B 0 G 0	A 0 B 0 P 0	A 0	0	0	0	0	1	0	0,00
Rozsypání mass. + pružiny mass.	V	A 1 B 0 G 3	A 1 B 0 P 3	A 0	0	0	0	0	0,1	10	0,36
Vyjmout pružinu mass. + mass. (odebrání simo z rozhazovače).	V	A 1 B 0 G 3	A 0 B 0 P 0	A 0	0	0	0	0	1	40	1,44
Vložit pružinu na ramenu mass.	V	A 0 B 0 G 0	A 1 B 0 P 1	A 0	0	0	0	0	1	20	0,72
Zasunout rameno pružiny do šachty výztuhy	V	A 0 B 0 G 0	A 1 B 0 P 3	A 0	0	0	0	0	1	40	1,44
Zasunout ramena mass. do šachet výztuhy	V	A 0 B 0 G 0	A 0 B 0 P 6	A 0	0	0	0	0	1	60	2,16
Vložit předmotané závaží a překlopot	V	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	A 0	0	0	0	0	1	60	2,16
Odeslat na další pracoviště	R	A 1 B 0 G 1	M 1 X 0 I 0	A 0	0	0	0	0	1	30	1,08

Tabulka 4-2 MOST analýza- operátor stanice 30- bez massenspare [16]

ST 30	V	A 0 B 0 G 0	A 0 B 0 P 0	A 0	0	0	0	0	1	0	0,00
Rozsypání mass. + pružiny mass.	V	A 1 B 0 G 3	A 1 B 0 P 3	A 0	0	0	0	0	0,1	10	0,36
Vyjmout pružinu mass. + mass. (odebrání simo z rozhazovače).	V	A 1 B 0 G 3	A 0 B 0 P 0	A 0	0	0	0	0	1	40	1,44
Vložit pružinu na ramenu mass.	V	A 0 B 0 G 0	A 1 B 0 P 1	A 0	0	0	0	0	1	20	0,72
Zasunout rameno pružiny do šachty výztuhy	V	A 0 B 0 G 0	A 1 B 0 P 3	A 0	0	0	0	0	1	40	1,44
Zasunout ramena mass. do šachet výztuhy	V	A 0 B 0 G 0	A 0 B 0 P 6	A 0	0	0	0	0	1	60	2,16
Vložit předmotané závaží a překlopot	V	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	A 0	0	0	0	0	1	60	2,16
Odeslat na další pracoviště	R	A 1 B 0 G 1	M 1 X 0 I 0	A 0	0	0	0	0	1	30	1,08

Z tohoto vyplývá, že doba trvání výše uvedených činností je pro oba operátory 3,24 sekundy. K tomuto času je nutné taktéž připočítat dobu na doplňování obalů a manipulaci s materiálem, která byla již dříve stanovena na 0,08 sekundy na paletku. Celkový čas, který jednotliví operátoři potřebují na založení paletky je 3,32 sekundy.

Následující *Obrázek 4-1* graficky znázorňuje časové vytížení jednotlivých operátorů na lince.



*Obrázek 4-1* Vytížení jednotlivých operátorů- bez massenspare (autor)

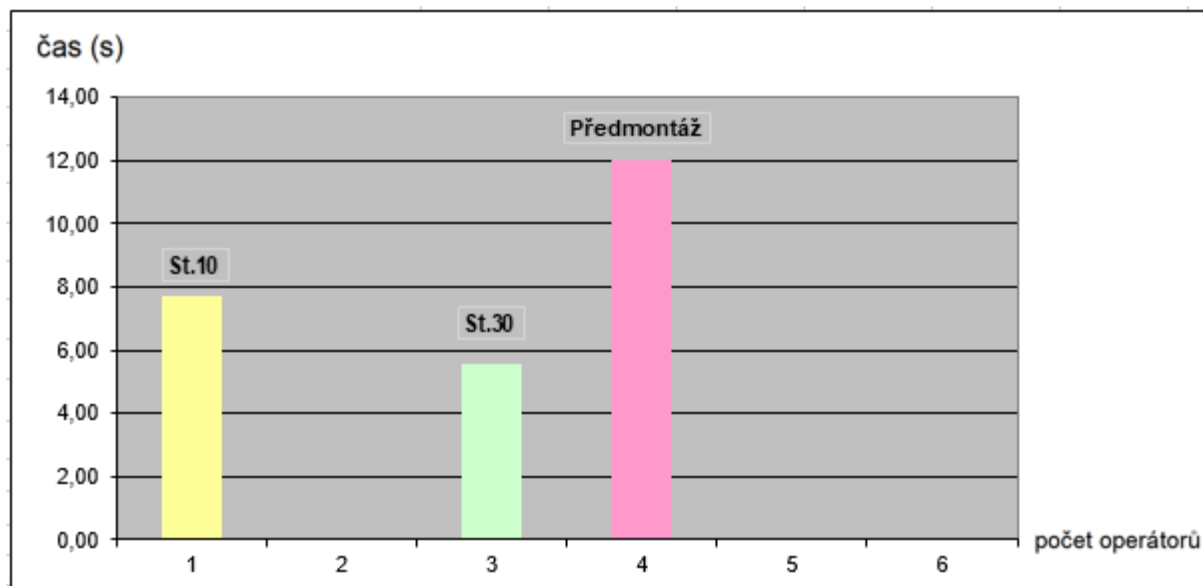
Návrh označený jako varianta A spočívá ve sloučení činností operátorů stanice 20 a 30 pouze jednomu operátorovi na stanici 30. Kdy na rozdíl od předešlého stavu nebude každý operátor zakládat jedno lůžko na paletce, ale jeden operátor založí na paletce obě lůžka. Pokud sloučíme jejich činnosti, tak celkový čas pro operátora na stanici 30 je uveden v MOST analýze v *Tabulce 4-3*.

*Tabulka 4-3* Návrh na MOST- operátor stanice 30- bez massenspare\_ Varianta A (autor)

ST 30	V	A	0	B	0	G	0	A	0	B	0	P	0	A	0	0	0	0	0	1	0	
Vložit předmontané závaží a překlopit	V	A	1	B	0	G	1	A	1	B	0	P	3	A	0	0	0	0	0	2	120	4,32
Odeslat na další pracoviště	R	A	1	B	0	G	1	M	1	X	0	I	0	A	0	0	0	0	0	1	30	1,08

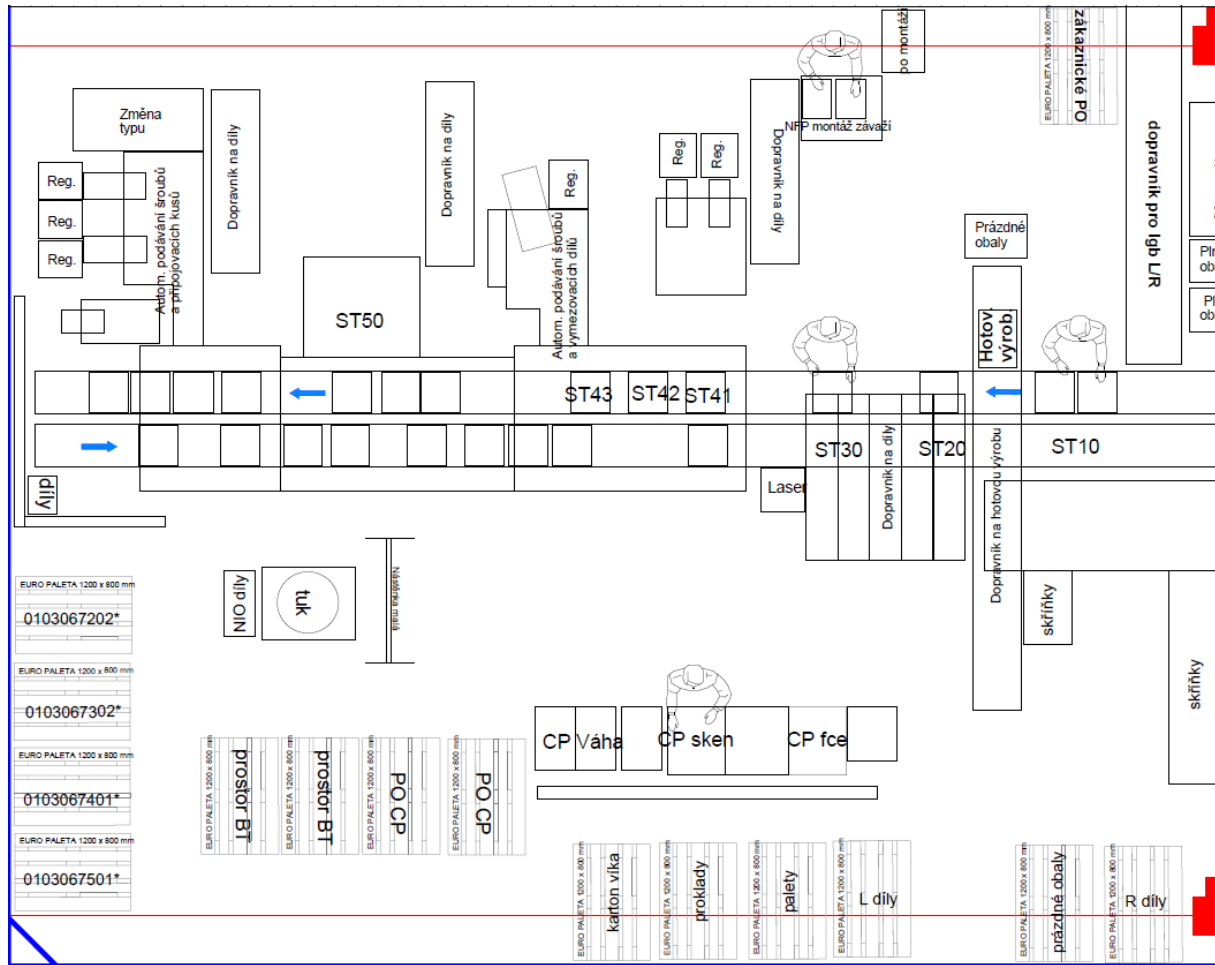
V tomto případě došlo pouze ke zdvojení činnosti založení závaží. Čas potřebný pro založení jedné paletky je tedy 5,4 sekundy. K tomuto času musíme zdvojeně přičíst čas na manipulaci s materiálem a doplňování obalů, tedy 0,16 sekundy. Celkový čas, který operátor na stanici 30 potřebuje na založení paletky je 5,56 sekundy. Následující *Obrázek 4-2* znázorňuje časové vytížení operátorů na lince.





Obrázek 4-2 Návrh na vytížení jednotlivých operátorů- bez massenspare\_ Varianta A (autor)

Obrázek 4-3 znázorňuje umístění jednotlivých operátorů.



Obrázek 4-3 Návrh layoutu- bez massenspare\_ Varianta A (autor)

### • Shrnutí varianty A

Při uvažování varianty A efektivita práce roste s tím, že dochází k eliminaci operátora při jednom z typů výroby a to konkrétně při výrobě bez massenspare, která z celkového ročního výrobního programu tvoří přibližně 35%. V tomto případě nedochází ke zvýšení produkce výroby na dané lince. Úzkým místem výrobního procesu i nadále zůstává operátor předmontáže závaží s pružinou, kde je takt stanoven 6 sekund na kus, tedy 12 sekund na paletku. Celková norma pro 4 operátory zůstává i nadále stejná, tedy 409min/ 1000 kusů. Norma pro 3 operátory se změní na 307min/ 1000 kusů. Počet vyrobených kusů za směnu, tedy 440 minut zůstává 4 400 kusů při 100% produktivitě, tedy nulových prostojů.

Další výhodou této varianty je její téměř nulová investice. Programová úprava, která zajistí při daném navoleném typu výroby volný průjezd paletky stanicí 20, bude provedena interním programátorem společnosti.

## 4.2 Varianta B

Varianta B je návrh na základě aktuálního úzkého místa výrobní linky, tedy operátora předmontáže závaží s pružinkou a z části nefunkční poloautomatické stanice 50. Jak již bylo řečeno, poloautomatická stanice 50 se skládá ze dvou částí. Stanice je rozdělená na napínací mechanismus, který je zcela nefunkční a zakládání závaží s pružinkou na paletku pro obě lůžka. V tomto návrhu řešení je cílem využít schopnost robota zakládat již předepnuté závaží s pružinkou na paletku. Zároveň varianta B z části navazuje na variantu A ve smyslu redukce operátora při jednom z typu výroby a to konkrétně typu výroby bez massenspare.

Návrh je následující:

### ➤ Výrobní verze bez massenspare

Výrobní verze bez massenspare zahrnuje tři operátory. Jejich umístění je: jeden operátor na stanici 10 a dva operátoři jsou vedle sebe na stanici 50. Hlavní rozdíl při částečném využití dosud nevyužívané stanice 50 je v tom, že je redukováno úzké místo výrobního procesu, konkrétně předmontáže závaží s pružinou. V původním stavu byla norma 6 sekund na kus, tedy 12 sekund na paletku. Norma nevycházela z MOST analýzy, ale byla změřena stopkami na více pracovnících skrze více směn. Pokud bychom činnost natahování pružiny na závaží normovali dle metody MOST, dostáváme se k následující době trvání.

Tabulka 4-4 Návrh na MOST- předmontáž závaží\_ Varianta B (autor)

Odebrat pružinu kliky + odebrat páku kliky (natažení rukou pro díly je simo)	V	A 1 B 0 G 1	A 0 B 0 P 0	A 0	0	0	0	0	0	1	30	1,08
Naplohotvat pružinu na první rameno	V	A 0 B 0 G 0	A 1 B 0 P 1	A 0	0	0	0	0	0	1	20	0,72
Předepnout pružinu o 180 stupňů	NF	A 0 B 0 G 0	A 0 B 0 P 0	F 6	A 0 B 0 P 0	A 0				1	60	2,16
Naplohotvat pružinu na druhé rameno závaží	V	A 0 B 0 G 0	A 0 B 0 P 6	A 0	0	0	0	0	0	1	60	2,16

Doba trvání celé operace dle MOST analýzy je 6,12 sekundy, tedy téměř stejná jako doba co byla stanovena měřením. Odchylka zde vznikla z toho důvodu, že MOST analýza určuje čas průměrného pracovníka. Díky tréninku a době práce některých operátorů na daném pracovišti je velice běžné, že se operátoři dostávají pod limit časů stanovených MOST analýzou.

Z tohoto vyplývá, že kdybychom činnost předmontáže závaží s pružinou rozdělili mezi dva operátory, tak doba trvání na předmontáž jedné paletky se zkrátí na polovinu. Pokud si dle MOST analýzy ukážeme všechny činnosti, které by byli spjaté s obsluhou stanice 50, dostáváme se k následující době trvání.

Tabulka 4-5 Návrh na MOST- operátor stanice 50\_ Varianta B (autor)

ST50	V	A 0 B 0 G 0	A 0 B 0 P 0	A 0	0	0	0	0	0	1	0	0,00
Odebrat pružinu kliky + odebrat páku kliky (natažení rukou pro díly je simo)	V	A 1 B 0 G 1	A 0 B 0 P 0	A 0	0	0	0	0	0	1	30	1,08
Naplohotvat pružinu na první rameno	V	A 0 B 0 G 0	A 1 B 0 P 1	A 0	0	0	0	0	0	1	20	0,72
Předepnout pružinu o 180 stupňů	NF	A 0 B 0 G 0	A 0 B 0 P 0	F 6	A 0 B 0 P 0	A 0				1	60	2,16
Naplohotvat pružinu na druhé rameno závaží	V	A 0 B 0 G 0	A 0 B 0 P 6	A 0	0	0	0	0	0	1	60	2,16
Založit předmotané závaží do zakládání stroje	V	A 0 B 0 G 0	A 1 B 0 P 1	A 0	0	0	0	0	0	1	20	0,72
Spustit cyklus stroje	R	A 1 B 0 G 0	M 1 X 0 I 0	A 0	0	0	0	0	0	1	20	0,72

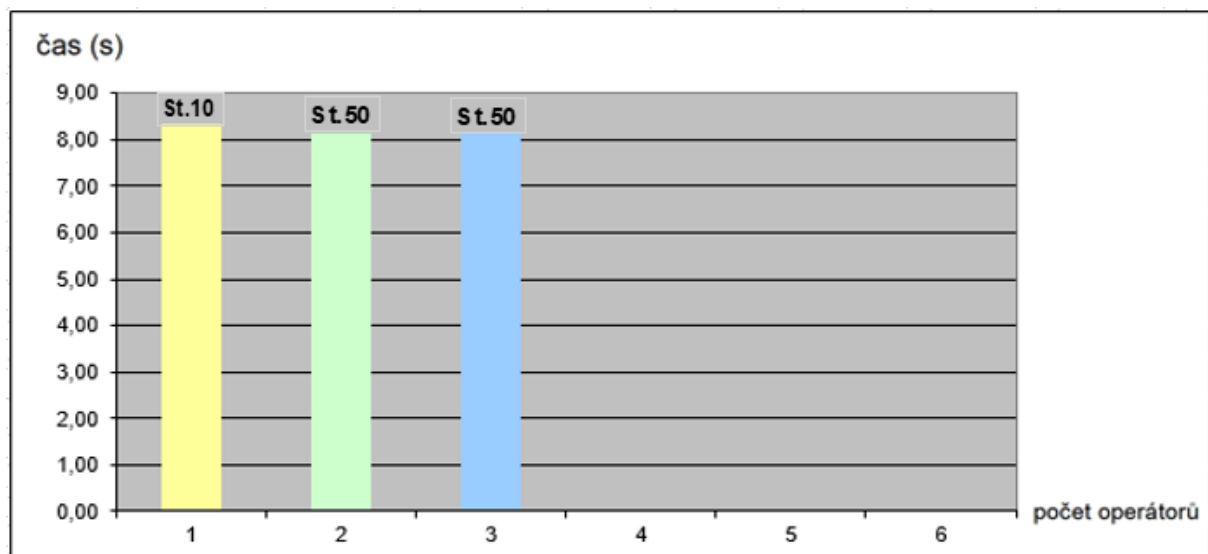
Doba trvání jednotlivých činností je 7,56 sekundy. K tomuto času je nutné ještě připočítat dobu na výměnu obalů pro pružiny a závaží, která je stanovená na 0,59 sekundy na kus. Celkový čas pro jednoho operátora na stanici 50 je 8,15 sekundy.

Nově navržený stav MOST analýzy stanice 10 je celkem obdobný tomu stávajícímu. Po přezkoumání stávající MOST analýzy došlo k mírnému zvýšení celkové doby potřebné na založení jedné paletky. Konkrétně z času 7,71 sekundy na 8,35. Viz Tabulka 4-6.

Tabulka 4-6 Návrh na MOST- operátor stanice 10\_ Varianta B (autor)

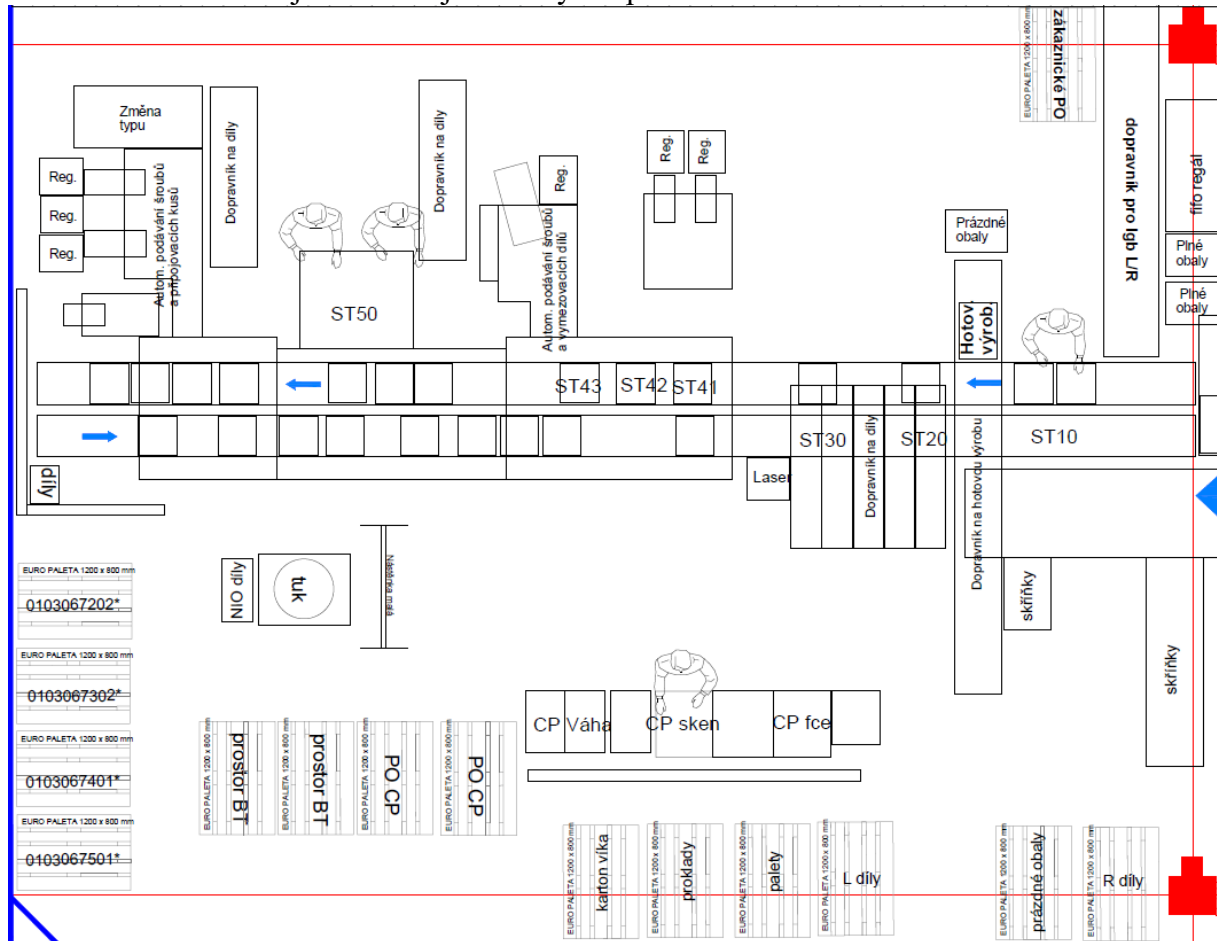
ST 10	V	A	B	0	G	0	A	0	B	0	P	0	A	0	0	0	0	0	1	0	0,00
Odebrat výztuhy z KLT	V	A	3	B	0	G	1	A	0	B	0	P	0	A	0	0	0	0	1	50	1,80
Vložit výztuhy na WT	V	A	0	B	0	G	0	A	1	B	0	P	3	A	0	0	0	0	1	40	1,44
Vyjmout proklad	V	A	1	B	1	G	3	A	1	B	0	P	1	A	0	0	0	0	0	1,795	0,06
Odeslat na další pracoviště	R	A	1	B	0	G	0	M	1	X	0	I	0	A	0	0	0	0	1	20	0,72
Vyjmout OK kusy z WT a odložit do vývozního obalu	V	A	3	B	0	G	1	A	1	B	0	P	3	A	0	0	0	0	1	80	2,88
Vložit proklad	V	A	1	B	0	G	3	A	1	B	0	P	1	A	0	0	0	0	0,1	4,286	0,15

Následující Obrázek 4-4 znázorňuje časové vytížení operátorů na lince.



Obrázek 4-4 Návrh na vytížení jednotlivých operátorů- bez massenspare\_ Varianta B (autor)

Obrázek 4-5 znázorňuje umístění jednotlivých operátorů.



Obrázek 4-5 Návrh layoutu- bez massenspare\_ Varianta B (autor)

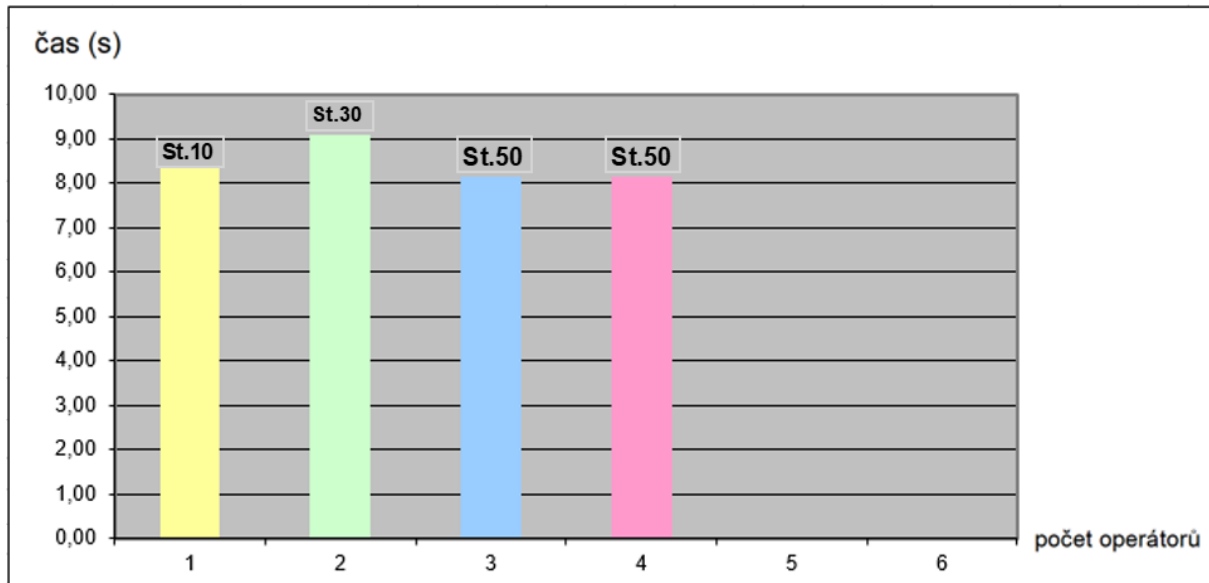
➤ Výrobní verze s massenspare

Uspořádání layoutu je obdobné jako na Obrázku 4-5 s tím rozdílem, že je linka doplněna operátorem na stanici 30, který skládá pružinku s massenspare a tu vkládá do základny. Oproti původnímu stavu je operátor zbaven vkládání předepnutého závaží, které je nyní přesunuté na stanici 50. Operátor zakládá lůžko pro pravou i levou stranu paletky. Návrh MOST analýzy je znázorněn v Tabulce 4-7.

Tabulka 4-7 Návrh na MOST- operátor stanice 30\_ Varinta B (autor)

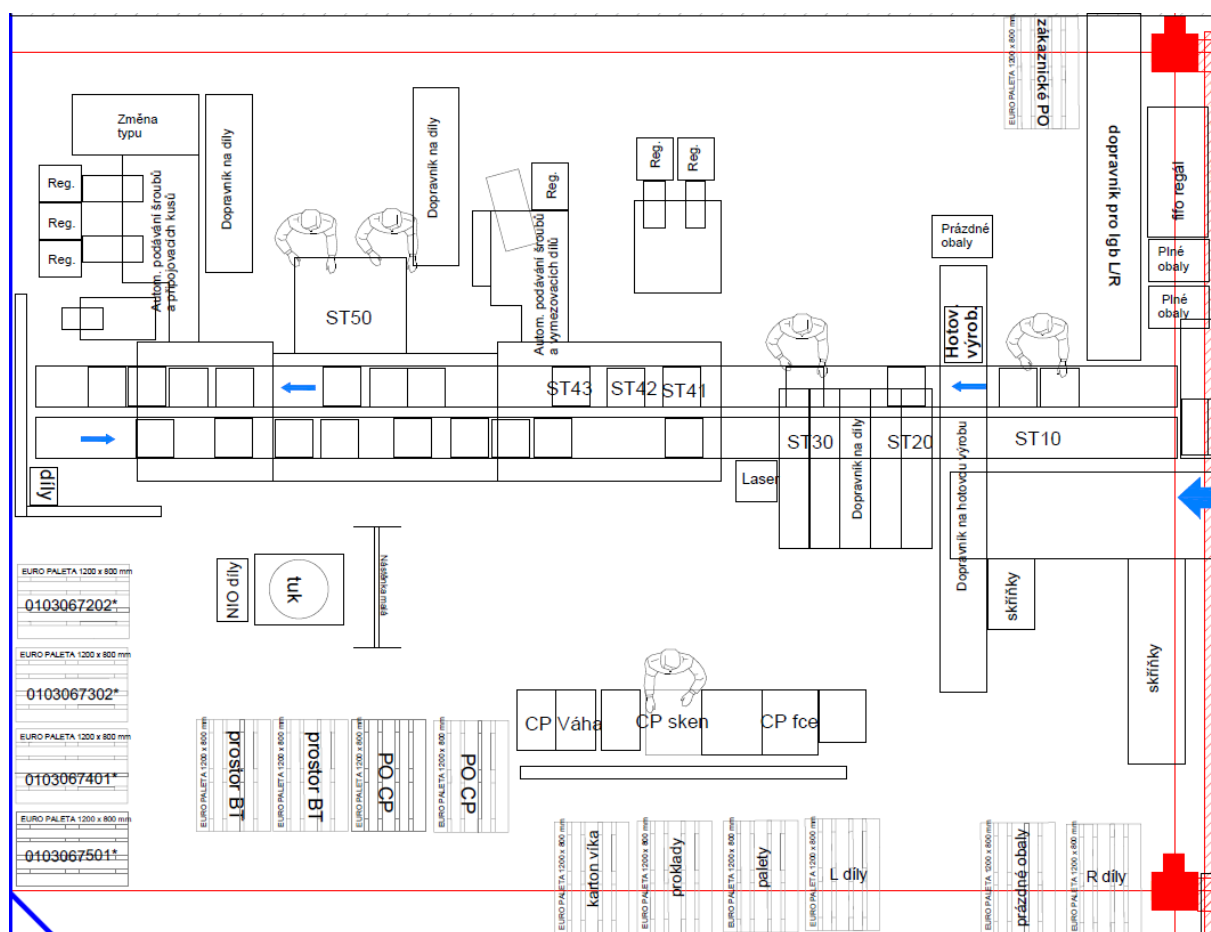
ST 30	V	A	0	B	0	G	0	A	0	B	0	P	0	A	0	0	0	0	0	0	1	0	0,00
Rozsypání mass. + pružiny mass.	V	A	1	B	0	G	3	A	1	B	0	P	3	A	0	0	0	0	0	0	0,1	10	0,36
Vyjmout pružinu mass. + mass. (odebrání simo z rozhazovače).	V	A	1	B	0	G	3	A	0	B	0	P	0	A	0	0	0	0	0	0	2	80	2,88
Vložit pružinu na ramenu mass.	V	A	0	B	0	G	0	A	1	B	0	P	1	A	0	0	0	0	0	0	2	40	1,44
Zasunout rameno pružiny do šachty výztuhy	V	A	0	B	0	G	0	A	1	B	0	P	1	A	0	0	0	0	0	0	2	40	1,44
Napoložovat a zasunout krátké rameno mass	V	A	0	B	0	G	0	A	0	B	0	P	1	A	0	0	0	0	0	0	2	20	0,72
Napoložovat a zasunout dlouhé rameno mass	V	A	0	B	0	G	0	A	0	B	0	P	1	A	0	0	0	0	0	0	2	20	0,72
Sklopit mass	V	A	0	B	0	G	0	A	0	B	0	P	1	A	0	0	0	0	0	0	2	20	0,72
Odeslat na další pracoviště	R	A	1	B	0	G	0	M	1	X	0	I	0	A	0	0	0	0	0	0	1	20	0,72

Celková doba pro založení paletky je 9 sekund. Pokud připočítáme celkový čas na výměnu obalů od součástek massenspare a pružinek, tak se dostáváme na celkový čas operátora 9,08 sekundy. Následující *Obrázek 4-6* znázorňuje časové vytížení operátorů na lince.



*Obrázek 4-6 Návrh na vytížení jednotlivých operátorů- s massenspare\_ Varianta B (autor)*

Obrázek 4-7 znázorňuje umístění jednotlivých operátorů.



Obrázek 4-7 Návrh layoutu- s massenspare\_ Varianta B (autor)

### • Shrnutí varianty B

Při uvažování varianty B se efektivita práce zvyšuje ve dvou podobách. První a hlavní přínos je odstranění původního úzkého místa. Předmontáž závaží s pružinkou měla negativní vliv na chod celé linky, s taktem 12 sekund na paletku. V této variantě řešení se dostáváme do stavu, kdy úzkým místem celého výrobního procesu je vždy linka a to platí při obou výrobních variantách. Tedy lidský faktor výrobního procesu nikdy nepřevyšuje takt 9,6 sekundy. To se velmi kladně projeví v celkovém počtu vyrobených kusů. Dále se efektivita práce oproti původnímu stavu se zvyšuje taktéž eliminací operátora při výrobní verzi bez massenspare.

Další výhodou této varianty je opět její téměř nulová investice. Programové nastavení robota, tak aby byl schopný zakládat na paletky již předepnuté závaží a projíždění paletek od stanice 10 do až do stanice 50 při verzi bez massenspare bude provedeno taktéž interním programátorem společnosti.

Nová norma pro čtyři operátory je stanovena na 327min/ 1000 kusů a při výrobě ve třech operátorech je norma stanovena na 245 min/ 1000 kusů. V případě 100% produktivity vzroste počet vyrobených kusů na 5 500 za směnu.

### 4.3 Varianta C

Varianta C je návrh, který maximalizuje efektivitu práce s ohledem na technické možnosti výrobní linky. Tato varianta je návrh na základě úplného zprovoznění poloautomatické stanice 50 s nutností počáteční investice. Investice, která je v tomto případě nutná, se týká konstrukční změny v mechanismu napínání pružiny na závaží a celkovému přizpůsobení stanice 50 pro tento nový mechanismus. Cílem této práce není po technické a mechanické stránce zkoumat jednotlivé mechanismy a navrhnout řešení, ale v této variantě bude zhodnocen přínos již případně funkční poloautomatické stanice 50.

Jelikož v předchozím řešení B bylo již odstraněno původní úzké místo výrobního procesu, tedy předmontáže závaží s pružinkou, tak ve variantě C se zabýváme zvýšením efektivitu práce pouze s ohledem na eliminaci operátorů.

#### ➤ Výrobní verze bez massenspare

Za předpokladu funkční poloautomatické stanice 50 se výroba verze bez massenspare skládá pouze ze dvou operátorů. Jeden operátor je na stanici 10 a druhý operátor je na stanici 50. Zásadní rozdíl v této variantě je eliminace operátora stanice 50. Kde oproti variantě B zůstává pouze jeden operátor. Návrh MOST analýzy pro tuto variantu při typu výroby bez massenspare je znázorněn v *Tabulce 4-8*. Operátorovi stanice 10 zůstávají totožné činnosti jako ve variantě B, znázorněné již v *Tabulce 4-6*.

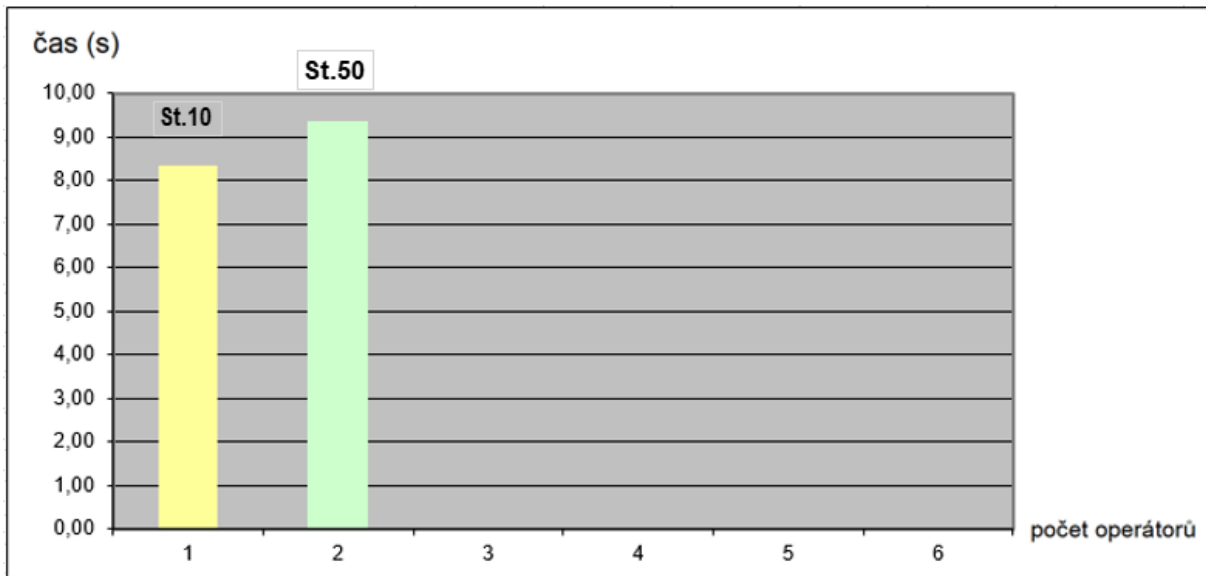
Tabulka 4-8 Návrh na MOST- operátor stanice 50\_ Varianta C (autor)

ST50	V	A 0 B 0 G 0	A 0 B 0 P 0	A 0	0	0	0	0	0	1	0	0,00
Odebrat pružinu kliky + odebrat páku kliky (natažení rukou pro díly je simo)	V	A 1 B 0 G 1	A 0 B 0 P 0	A 0	0	0	0	0	0	2	60	2,16
Založit pružinu a páku kliky do zakládání	V	A 0 B 0 G 0	A 1 B 0 P 3	A 0	0	0	0	0	0	2	80	2,88
Spustit cyklus stroje	R	A 1 B 0 G 0	M 1 X 0 I 0	A 0	0	0	0	0	0	2	40	1,44
Vhodit pružinu do rozplétače	V	A 1 B 0 G 3	A 1 B 0 P 3	A 0	0	0	0	0	0	0,2	16	0,58
Výměna obalu se závažím	V	A 1 B 0 G 3	A 1 B 3 P 1	A 1	0	0	0	0	0	1	4	0,14
Přechod mezi pozicemi stroje	V	A 3 B 0 G 0	A 0 B 0 P 0	A 0	0	0	0	0	0	2	60	2,16

Z této analýzy vyplývá, že celková doba potřebná na obsluhu stanice 50 je 9,36 sekundy včetně doby započítané na výměnu obalů.

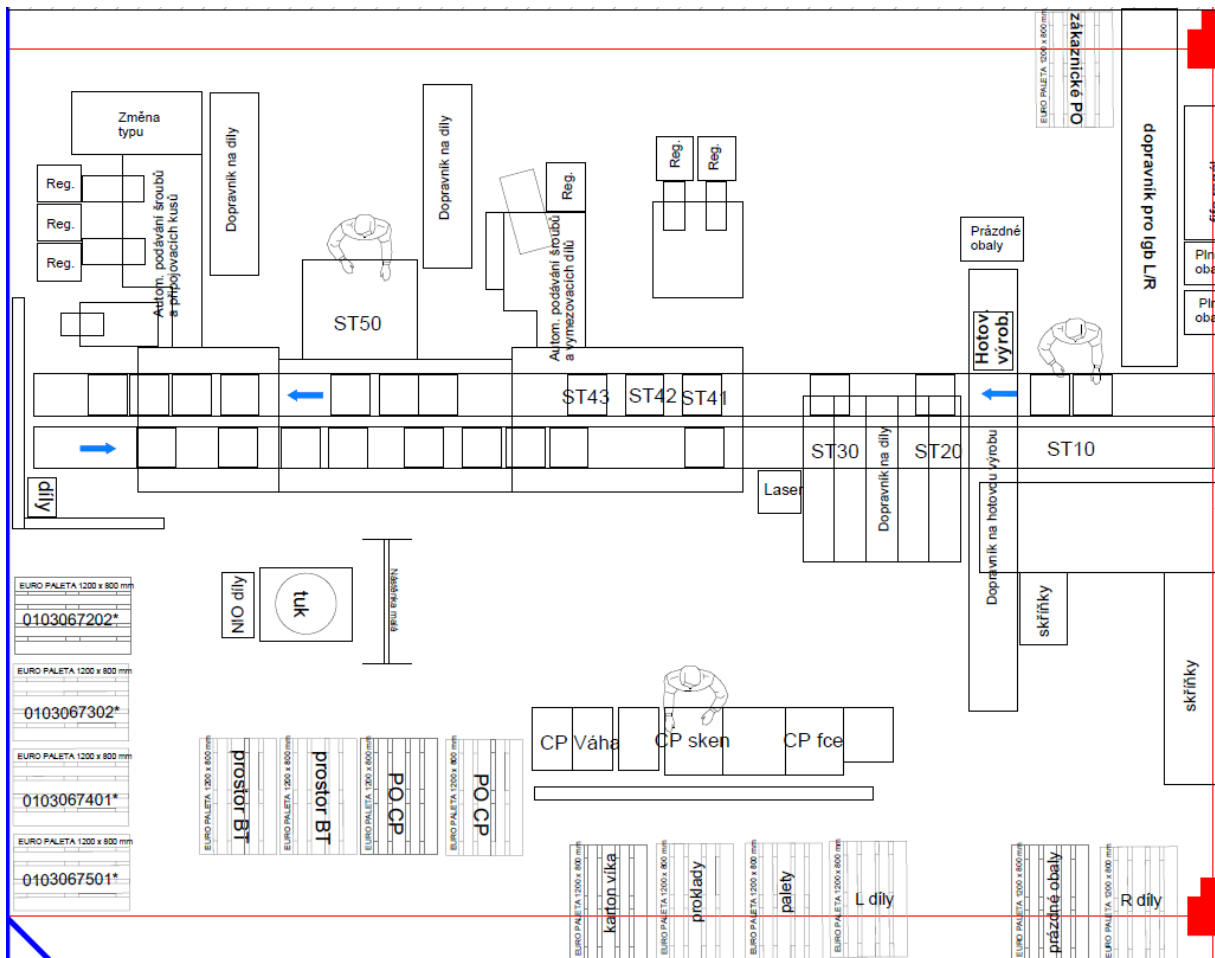


Následující Obrázek 4-8 znázorňuje časové vytížení operátorů na lince.



Obrázek 4-8 Návrh na vytížení jednotlivých operátorů- bez massenspare\_ Varianta C (autor)

Obrázek 4-9 znázorňuje umístění jednotlivých operátorů.



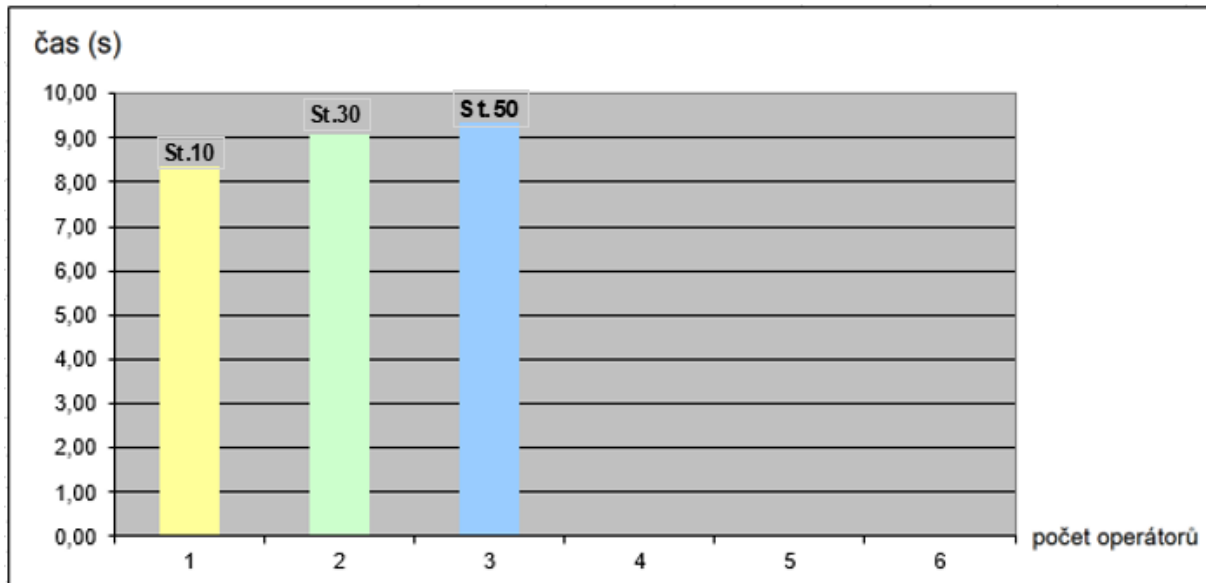
Obrázek 4-9 Návrh layoutu- bez massenspare\_ Varianta C (autor)

➤ *Výrobní verze s massenspare*

Výroba verze s massenspare se od předchozí verze liší opět pouze přidáním operátora na stanici 30, který vkládá massenspare s pružinkou do základen. Tedy výrobní proces zahrnuje tři operátory umístěné na stanicích 10, 30 a 50.

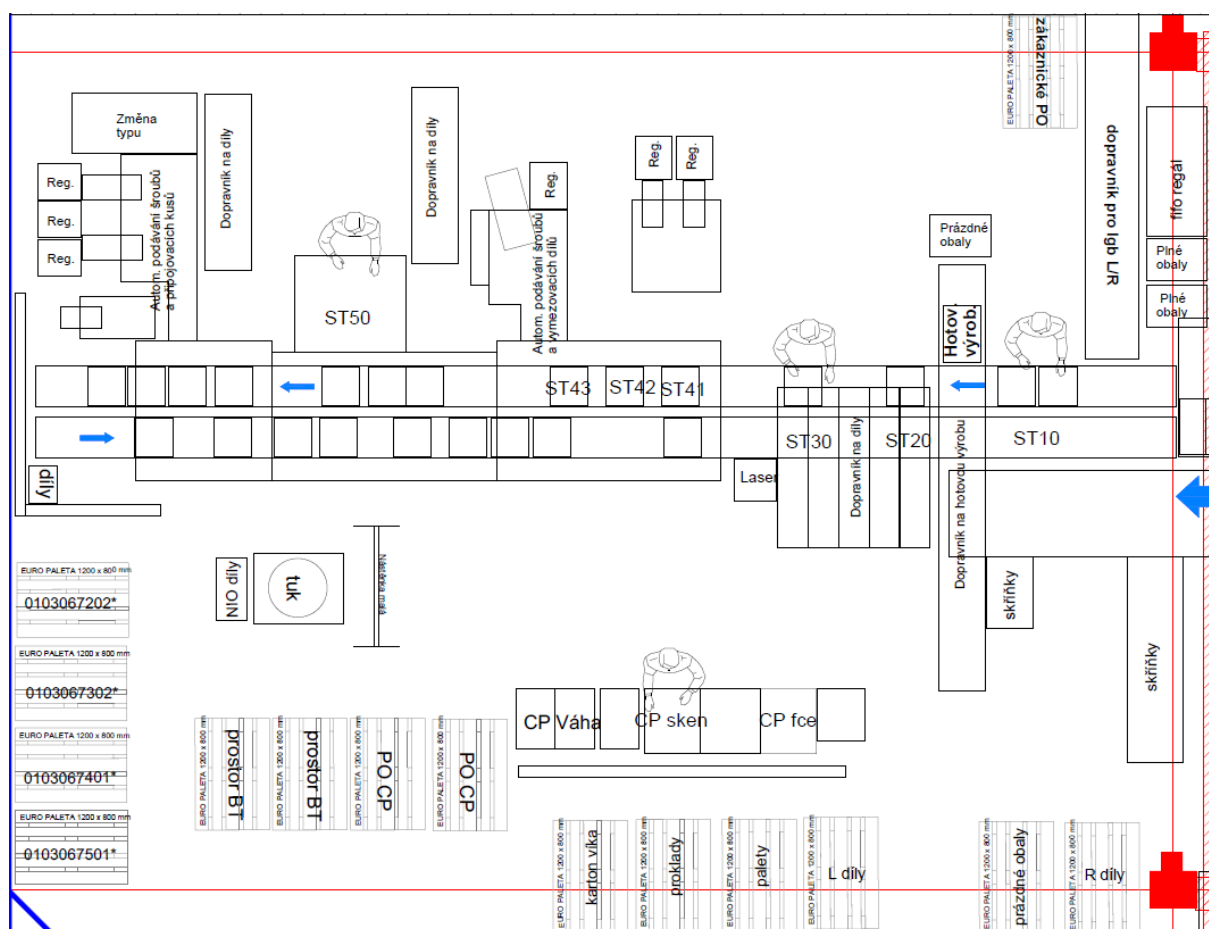
MOST analýzy stanic 10 a 30 zůstávají stejné jako u varianty B a MOST analýza stanice 50 je totožná jako u varianty bez massenspare. *Tabulky 4-6, 4-7, 4-8.*

Následující *Obrázek 4-10* znázorňuje časové vytížení operátorů na lince.



*Obrázek 4-10* Návrh na vytížení jednotlivých operátorů- s massenspare\_ Varianta C (autor)

Obrázek 4-11 znázorňuje uspořádání jednotlivých operátorů.



Obrázek 4-11 Návrh layoutu- s massenspare\_ Varianta C (autor)

### • Shrnutí varianty C

Při uvažování varianty C se efektivita práce zvyšuje eliminací operátora při obou výrobních verzích na stanici 50. Počet operátorů při výrobní verzi bez massenspare jsou dva a při výrobní verzi s massenspare jsou tři. To je nejnižší možný počet operátorů, který může linku LGB BMW I obsluhovat za předpokladu všech funkčních stanic a dodržení zákaznického taktu výroby. Další výhodou této varianty je opět eliminace aktuálního úzkého místa výrobního procesu. Lidský faktor výrobního procesu opět nepřevyšuje strojní takt 9,6 sekundy. Na druhé straně varianta C jako jediná varianta sebou nese nutnost investice. Investice byla řádově vyčíslena, dle expertního odhadu na 25 000 euro.

Nová norma pro dva operátory je stanovena na 164min/ 1000 kusů a při výrobě ve třech operátorech je norma stanovena jako u varianty B, tedy 245min/ 1000 kusů. V případě 100% produktivity zůstává počet vyrobených kusů za směnu 5 500, jako u varianty B.

#### 4.4 Výběr nejvhodnější varianty

V předchozí kapitole byly navrženy tři variantní způsoby řešení, kde každé navržené řešení má své výhody a nevýhody. Aby bylo možné najít nejvhodnější řešení problému, byla použita metoda tzv. multikriteriálního hodnocení. Multikriteriální hodnocení je hodnocení, kde se stanoví hodnotící kritéria a váha pro každé kritérium. Váha kritéria určuje stupeň důležitosti pro dané kritérium. Jednotlivé váhy kritérií jsou stanoveny pomocí metody párového porovnání a míra splnění daného kritéria v jednotlivých variantách je ohodnocena pomocí metody pořadové funkce. Varianta, která dosáhne nevíce bodů je ohodnocena jako nejvhodnější.

Kritéria pro hodnocení jednotlivých variant byla vybrána společně s konzultantem diplomové práce a jsou následující:

- *K1- Počet operátorů*
- *K2- Investiční náklady*
- *K3- Doba odstavení technologie pro úpravu*
- *K4- Eliminace pracoviště předmontáže*
- *K5- Využití robota na stanici 50*

Porovnání důležitosti jednotlivých kritérií bylo provedeno na základě expertního odhadu. Byla použita metoda párového srovnání, která pracuje na principu stanovení pořadí kritéria od nejdůležitějšího po nejméně důležité. Toto srovnání lze vidět v rovnici (1). V tomto stejném pořadí jsou kritéria zapsána do *Tabulky 4-9* a následně probíhá rozhodování. Pokud je kritérium ve sloupci důležitější než v řádce, zapíšeme 0, pokud je kritérium v řádce důležitější než kritérium ve sloupci, zapíšeme 1. V poslední řadě se musí stanovit tzv. nenormované váhy jednotlivých kritérií. Ty v podstatě říkají, kolikrát je kritérium významnější pro porovnávajícího hodnotitele než zbylá ostatní. To lze vidět v rovnici (2). Výsledná váha důležitosti daného kritéria je stanovena dle vztahu (3). [17]

$$K3 > K4 > K1 > K2 > K5 \quad (8)$$

$$K_i = n + 1 - p_i \quad (9)$$

$K_i$  – nenormovaná váha i-tého kritéria

$n$  – počet kritérií

$p_i$  – pořadí i-tého kritéria

$$V_i = \frac{K_i}{\sum_{i=1}^n K_i} \quad (10)$$

$V_i$  – normovaná váha i-tého kritéria

$K_i$  – nenormovaná váha i-tého kritéria

$n$  – počet kritérií [17]

Tabulka 4-9 Tabulka kritérií pro párové porovnání (autor)

	K3	K4	K1	K2	K5	Ki	Vi
K3		1	1	1	1	5	0,33
K4	0		1	1	1	4	0,27
K1	0	0		1	1	3	0,20
K2	0	0	0		1	2	0,13
K5	0	0	0	0		1	0,07
Suma						15	1,00

Dále je nutné určit míru splnění daného kritéria v jednotlivých variantách a podle toho stanovit pořadovou funkci (pořadí) v rámci hodnocení variant. Jelikož jednotlivá kritéria v rámci jednotlivých variant se nedají vždy měřit, např. „doba odstavení technologie“ protože je neznámá, pořadí určuje vždy expertní odhad.

### Variant A

- Počet operátorů

Variant A je z hlediska počtu operátorů totožná jako varianta B, kdy jsou pro výrobu zapotřebí tři nebo čtyři operátoři, což z ní činí variantu v pořadí na 2. místě.

- Investiční náklady

Variant A má nejnižší investiční náklady, což z ní činí variantu v pořadí na 1. místě.

- Doba odstavení technologie pro úpravu

Variant A má nejkratší dobu odstavení technologie pro úpravu, což z ní činí variantu v pořadí na 1. místě.

- Eliminace pracoviště předmontáže

Variant A neeliminuje pracoviště předmontáže, což z ní činí variantu v pořadí na 3. místě.

- Využití robota na stanici 50

Variant A nevyužívá robota na stanici 50, což z ní činí variantu v pořadí na 3. místě.

### Variant B

- Počet operátorů

Variant B je z hlediska počtu operátorů totožná jako varianta A, což z ní činí variantu v pořadí na 2. místě.

- Investiční náklady

Varianta B má vyšší investiční náklady než varianta A, jelikož kromě programových úprav podobných jako ve variantě A musí dojít navíc k seřízení robota na stanici 50, což z ní činí variantu v pořadí na 2. místě.

- Doba odstavení technologie pro úpravu

Varianta B má vyšší dobu odstavení technologie než varianta A, ale nižší dobu odstavení technologie než varianta C, což z ní činí variantu v pořadí na 2. místě.

- Eliminace pracoviště předmontáže

Varianta B eliminuje pracoviště předmontáže stejně jako varianta C, což z ní činí variantu v pořadí na 1. místě.

- Využití robota na stanici 50

Varianta B využívá robota na stanici 50 stejně jako varianta C, což z ní činí variantu v pořadí na 1. místě.

### **Varianta C**

- Počet operátorů

Varianta C má nejnižší možný počet operátorů ze všech variant, což z ní činí variantu v pořadí na 1. místě.

- Investiční náklady

Varianta C má nejvyšší investiční náklady ze všech variant, což z ní činí variantu v pořadí na 3. místě.

- Doba odstavení technologie pro úpravu

Varianta C má nejdelší dobu potřebnou na odstavení technologie pro úpravu, což z ní činí variantu v pořadí na 3. místě.

- Eliminace pracoviště předmontáže

Varianta C eliminuje pracoviště předmontáže stejně jako varianta B, což z ní činí variantu v pořadí na 1. místě.

- Využití robota na stanici 50

Varianta C využívá robota na stanici 50 stejně jako varianta B, což z ní činí variantu v pořadí na 1. místě.

Pomocí metody pořadové funkce je určeno pořadí variant podle hodnot jednotlivých kritérií. Nejvyšší hodnotu pořadové funkce, tedy nejvyšší pořadí má nejlepší varianta v daném kritériu. Výsledné hodnocení jednotlivých variant je počítáno dle (4). [18] Výsledné hodnocení variant znázorňuje *Tabulka 4-10*.

$$W_t = \sum_{K=1}^n V_i * g_r(x_t) \quad (11)$$

$W_t$  – hodnota pořadové funkce

$V_i$  – váha důležitosti kritéria

$g_r(x_t)$  – hodnota přiřazené pořadové funkce

*Tabulka 4-10 Výsledné hodnocení variant (autor)*

Kritérium	Váha	Varianta A		Varianta B		Varianta C	
		gr	wt	gr	wt	gr	wt
<b>K1</b>	0,2	2	0,4	2	0,4	3	0,6
<b>K2</b>	0,13	3	0,39	2	0,26	1	0,13
<b>K3</b>	0,33	3	0,99	2	0,66	1	0,33
<b>K4</b>	0,27	1	0,27	3	0,81	3	0,81
<b>K5</b>	0,07	1	0,07	3	0,21	3	0,21
<b>Suma</b>			2,12		2,34		2,08

Z hodnocení a srovnání jednotlivých variant je zjištěno, že nejlepší varianta se jeví jako varianta B. Tato varianta je řešení, kde vzhledem k výše zvoleným kritériím dochází k:

- Eliminaci operátora při výrobní verzi bez massenspare
- Investiční náklady jsou téměř nulové, pokud předpokládáme, že dané programové úpravy budou provedeny interním programátorem společnosti
- Doba odstavení technologie je v řádu několika málo hodin
- Plné využití aktuálně nevyužívaného robota na poloautomatické stanici 50
- Eliminace pracoviště předmontáže jako úspěšné odstranění aktuálního úzkého místa výrobního procesu

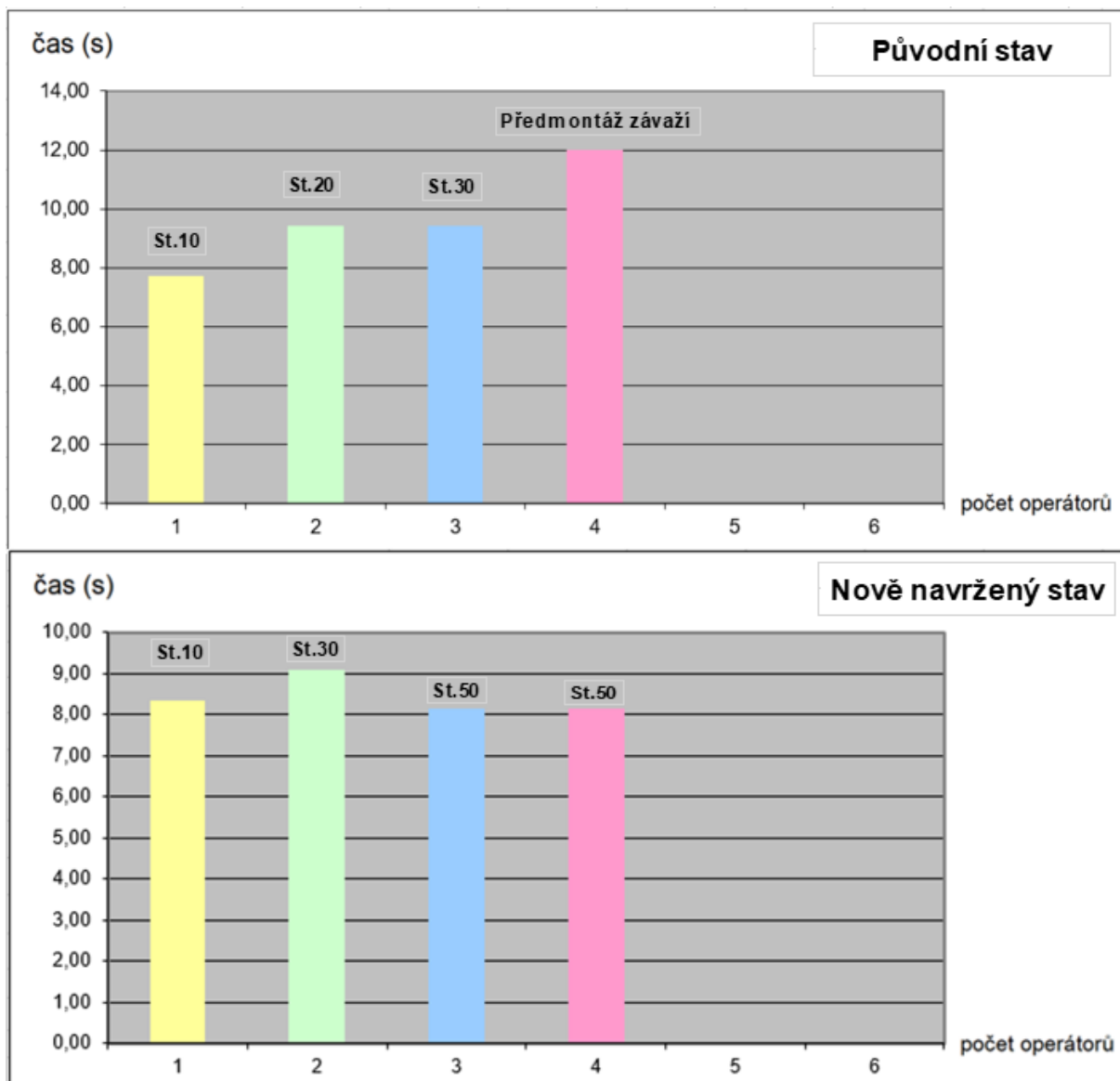
## 5 Zhodnocení nejvhodnější varianty

V předchozí kapitole 4.4 byla vybrána varianta B, jako nejlepší způsob, který vede ke zvýšení efektivity práce na lince. V této kapitole je daná varianta zhodnocena a srovnána s původním stavem.

Jak již bylo řečeno, varianta B je řešení, ve kterém dochází ke zvýšení efektivity práce redukcí počtu operátorů při daném typu výroby, odstranění původního úzkého místa výrobního procesu s možností vyšší produkce a k celkovému zlepšení rozdělení práce jednotlivých pracovníků.

➤ Verze s massenspare

Následující *Obrázek 5-1* srovnává počty operátorů a jejich vybalancování ve výrobním procesu oproti původnímu stavu při verzi s massenspare.



Obrázek 5-1 Srovnání původního a nově navrženého stavu (autor)



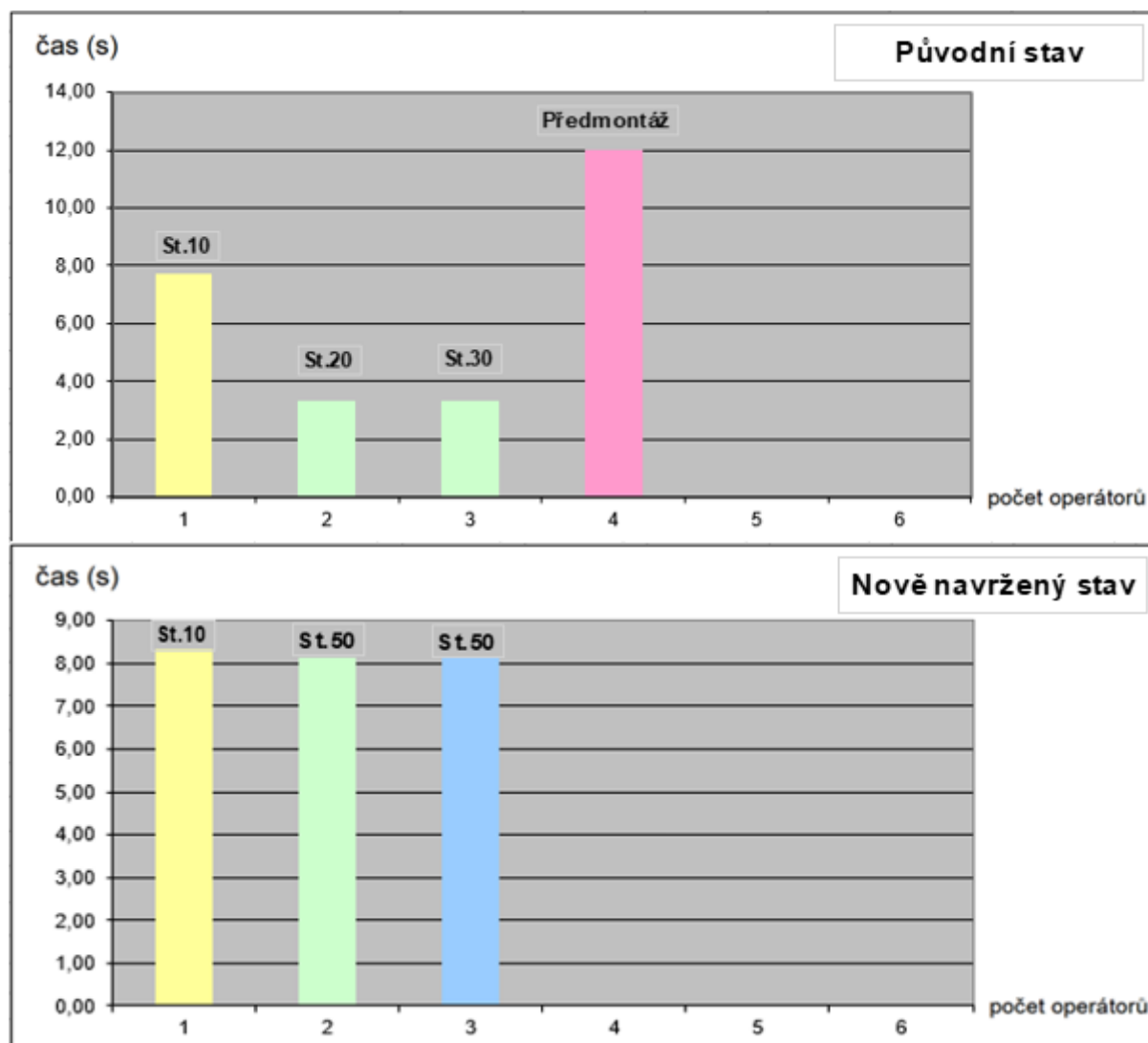
Při tomto typu výroby bylo odstraněno původní úzké místo výrobního procesu, pracoviště předmontáže závaží s pružinkou s taktem 12 sekund na paletku. Dále došlo k přeuspořádání jednotlivých operátorů na lince viz. layout na *Obrázku 4-7*. Pokud srovnáme původní a aktuální normu výroby viz. *Tabulka 5-1*, tak je možné vidět znatelný nárůst kapacity a to konkrétně o 20% za předpokladu 100% produktivity práce.

Tabulka 5-1 Porovnání teoretické kapacity\_ verze s massenspare (autor)

Typ	Verze s massenspare (původní stav)	
směna (min.)	450	
přídavek v normě 1 (min.)	10	zákonem dané přestávky
čistý výrobní čas (min.)	440	
takt linky (sec.)	6,00	
obsazení	4,0	
návrh normy	409 min/1.000ks	
kapacita	4 400	počet vyrobených kusů za směnu při plném obsazení linky a 100% produktivitě
Typ	Verze s massenspare (aktuální stav)	
směna (min.)	450	
přídavek v normě 1 (min.)	10	zákonem dané přestávky
čistý výrobní čas (min.)	440	
takt linky (sec.)	4,80	
obsazení	4,0	
návrh normy	327 min/1.000ks	
kapacita	5 500	počet vyrobených kusů za směnu při plném obsazení linky a 100% produktivitě

➤ Verze bez massenspare

Následující *Obrázek 5-2* srovnává počty operátorů a jejich vybalancování ve výrobním procesu oproti původnímu stavu při verzi bez massenspare.



*Obrázek 5-2 Srovnání původního a nově navrženého stavu (autor)*

Při tomto typu výroby bylo nejen odstraněno původní úzké místo pracoviště předmontáže, ale dochází zde k redukci jednoho operátora a k výrazně lepšímu vybalancování času jednotlivých operátorů. Přeuspořádání operátorů na lince je ukázáno na *Obrázku 4-5*. Pokud také srovnáme původní a aktuální normu výroby viz. *Tabulka 5-2*, můžeme vidět stejný nárůst kapacity jako při řešení s massenspare, tedy 20% za předpokladu 100% produktivity práce.

Tabulka 5-2 Porovnání teoretické kapacity\_ verze bez massenspare (autor)

Typ	Verze bez massenspare (původní stav)	
směna (min.)	450	
přídavek v normě 1 (min.)	10	zákonem dané přestávky
čistý výrobní čas (min.)	440	
takt linky (sec.)	6,00	
obsazení	4,0	
návrh normy	<b>409</b> min/1.000ks	
kapacita	<b>4 400</b>	počet vyrobených kusů za směnu při plném obsazení linky a 100% produktivitě
Typ	Verze bez massenspare (aktuální stav)	
směna (min.)	450	
přídavek v normě 1 (min.)	10	zákonem dané přestávky
čistý výrobní čas (min.)	440	
takt linky (sec.)	4,80	
obsazení	3,0	
návrh normy	<b>245</b> min/1.000ks	
kapacita	<b>5 500</b>	počet vyrobených kusů za směnu při plném obsazení linky a 100% produktivitě

### ➤ Ekonomické porovnání varianty B k původnímu stavu

Ekonomické zhodnocení vychází z rozdílu norem v původním stavu a stavu aktuálním. Vycházíme z předpokladu, že pro rok 2020 byl stanoven výrobní plán normou 409min/ 1000 kusů pro obě výrobní varianty. K vyjádření úspory zde dochází zpětně, vždy za předešlý měsíc podle celkového počtu vyrobených kusů a snížené původní normy v závislosti na výrobní variantě. Tedy zjednodušeně řečeno, úspora je počítána jako počet vyrobených kusů v kratším čase, než bylo původně plánováno.

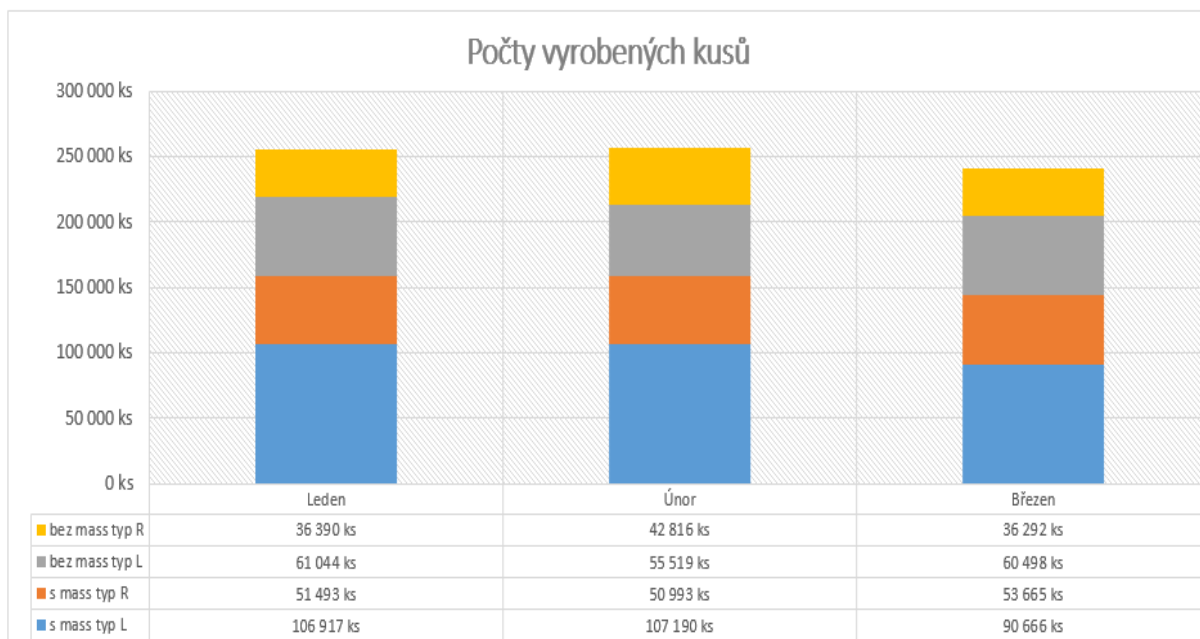
Obecný vzorec pro výpočet úspory je vyjádřený následovně:

$$Úspora = \frac{P_k}{1000} * \frac{(N_p - N_a)}{60} * T_s \quad (12)$$

- P<sub>k</sub>- počet vyrobených kusů
- N<sub>p</sub>- norma původní
- N<sub>a</sub>- norma aktuální
- T<sub>s</sub>- tarif střediska

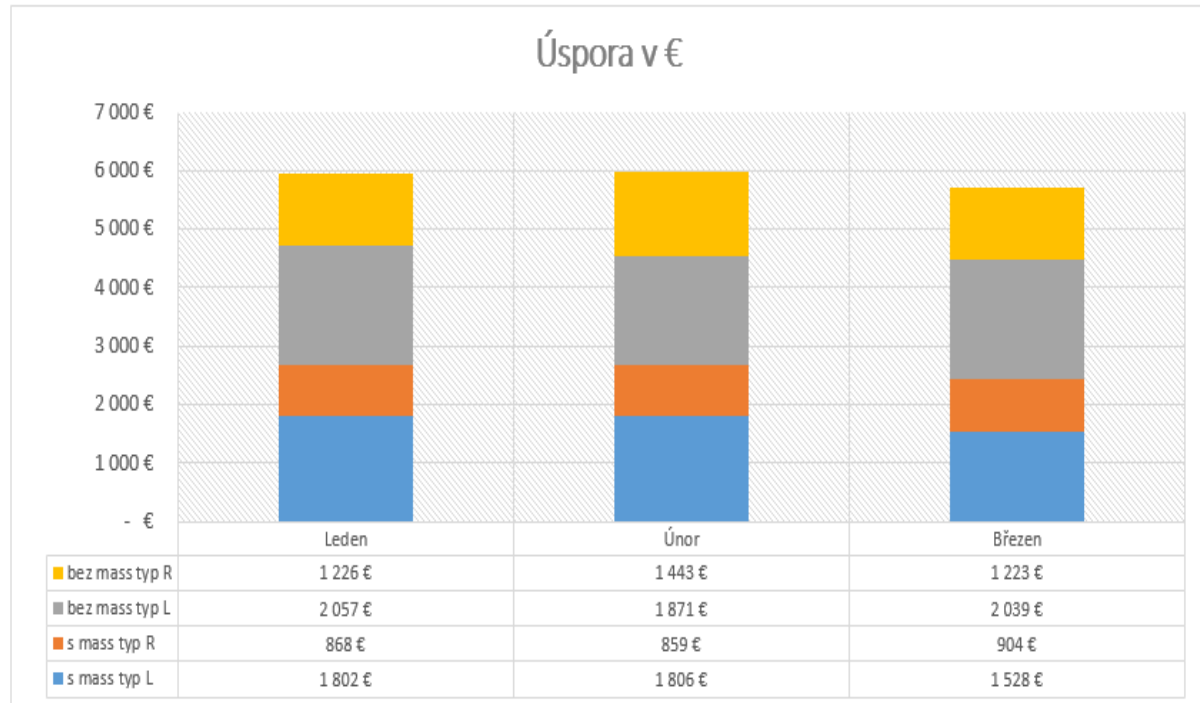
Z dat, které jsou v současné chvíli k dispozici vidíme v *Tabulce 5-3* počty vyrobených kusů za kalendářní měsíc. Celkový počet vyrobených kusů za měsíc dosahuje hodnoty přibližně 250 000. Z této tabulky lze vidět množství zastoupení jednotlivých výrobních typů, a to konkrétně výroby typu s massenspare a bez massenspare pro pravou i levou variantu. Jednotlivé výrobní typy jsou od sebe graficky rozlišeny.

Tabulka 5-3 Počty vyrobených kusů (autor)



Následující *Tabulka 5-4* zobrazuje množství vyrobených jednotlivých kusů ve stejném časovém období, ale celkové množství pro jednotlivé varianty převádí do peněžní hodnoty jako výsledek snížení normy, tedy finanční úsporu.

Tabulka 5-4 Úspora v závislosti na změně normy (autor)



Pro vysvětlení, pokud uvažujeme například žlutě označený výrobní typ „bez mass typ R“, tak vidíme, že za měsíc leden bylo vyrobeno 36 390 kusů. V následující tabulce lze vidět, že na tomto výrobním typu vzniká úspora v závislosti snížení normy 1226 euro ve stejném sledovaném období.

Celkové úspory v závislosti na snížení normy dosahují za sledované období přibližně 6 000 euro za jeden kalendářní měsíc. Odhadem zde vzniká úspora s potenciálem 69 000 euro/ rok.

## **Závěr**

Pro zajištění konkurenceschopnosti podniků je podstatné neustále zlepšovat a zefektivňovat svoji výrobu. To platí jak v obecném pojetí výrobního procesu, tak i při práci na výrobních linkách. Důležitým faktorem, který hraje roli v míře efektivity práce je plýtvání. Za plýtvání se považuje vše, co danému výrobku nebo produktu nepřidává žádnou hodnotu v průběhu procesu výroby nebo montáže. Při zvyšování efektivity práce je nutné plýtvání minimalizovat nebo v ideálním případě zcela eliminovat. Zvyšování efektivity práce a úspora nákladů na výrobu by měly být jedním z hlavních cílů každého výrobního podniku v současném silně konkurenčním prostředí.

Tato práce se zabývá úlohou zvýšení efektivity práce na výrobní lince. Nejprve bylo nutné se seznámit s teoretickými poznatky, které jsou s tímto tématem spjaté. Tyto poznatky byly následně využity při návrhu jednotlivých variant řešení, které vedly ke zvýšení efektivity práce na dané lince. Z jednotlivých variant řešení bylo dále vybráno řešení nejlepší na základě předem zvolených kritérií. Pro posouzení přínosů nově navrženého řešení bylo toto stávající řešení srovnáno s původním stavem a na základě toho byly zjištěny konkrétní přínosy pro podnik.

## Literatura

- [1] KEŘKOVSKÝ, M., VALSA, O. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3. dopl. vyd. Praha: C. H. Beck, 2012. ISBN 978-80-7179-319-9.
- [2] SOUKUPOVÁ, V., STRACHOTOVÁ, D. *Podniková ekonomika*. [online]. 2005. [cit. 25. 10. 2019]. Dostupné z: [http://147.33.74.135/knihy/uid\\_isbn-80-7080-575-7/pdf/080.pdf](http://147.33.74.135/knihy/uid_isbn-80-7080-575-7/pdf/080.pdf).
- [3] ŠRAJER, V. *Uspořádání výrobního systému s ohledem na konstrukčně- technologické řešení produktu*. Disertační práce. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, fakulta strojní. 2014.
- [4] IPA slovník. *Výrobní systémy*. [online]. 2012. [cit. 25. 10. 2019]. Dostupné z: <https://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/vyrobní-systémy>.
- [5] HLAVENKA, B. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty I*. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6.
- [6] HERZER, J. *Návrh prostorového uspořádání výroby při respektování požadavků výrobních technologií*. Diplomová práce. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, fakulta strojní. 2016.
- [7] PETRŮ, J., ČEP, R. *Základy montáže: učební text*. Ostrava: Vysoká škola Báňská – technická univerzita. 2012. ISBN 978-80-248-2773-5.
- [8] ManagementMania. *Efektivnost, produktivita*. [online]. 2011. [cit. 27. 10. 2019]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/efektivnost>.
- [9] KULHÁNEK, P. *Zvýšení produktivity práce ve výrobním provozu vybraného podniku*. Diplomová práce. Liberec. Technická univerzita v Liberci. 2015.
- [10] Comes OEE. *Co je OEE*. [online]. 2019. [cit. 27. 10. 2019]. Dostupné z: <https://www.oee.cz/co-je-oee>.
- [11] BUREŠ, M. *Řízení a organizace práce*. Výukové materiály k předmětu.
- [12] KUCHARČÍKOVÁ, A. *Efektivní výroba: využijte výrobní faktory a připravte se na změny na trzích*. Brno: Computer Press. 2011. ISBN 978-80-251-2524-3.
- [13] ZSBOZP. *Ergonomie pracovního místa*. [online]. 2016. [cit. 27. 10. 2019]. Dostupné z: <https://zsbozp.vubp.cz/pracovní-prostředí/ergonomie/337-ergonomie-pracovního-místa>.
- [14] ManagementMania. *Plytvání (muda)*. [online]. 2011 [cit. 27. 10. 2019]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/plytvání>.

- [15] WITTE Automotive. Historie. [online]. 2019. [cit. 28. 10. 2019]. Dostupné z: <https://www.witte-automotive.cz/live/Historie/historie.aspx>.
- [16] WITTE Nejdek spol. s.r.o. Interní zdroje. Nejdek: Witte – Automotive, 2019
- [17] FOTR, J., ŠVECOVÁ, L. a kol. *Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje*, Třetí přepracované vydání. Praha: Ekopress, 2016. ISBN 978-80-87865-33-0.
- [18] ŽÁČEK, V. *Management podniku*. Vydání první. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2009. ISBN 978-80-01-04370-7.