

# Optimalizace výrobní buňky pro masážní jednotku v automobilech

Bc. Martin Šíra

---

Diplomová práce  
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2018/2019

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin Šíra**  
Osobní číslo: **T17380**  
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Výrobní inženýrství**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Optimalizace výrobní buňky pro masážní jednotku v automobilech**

Zásady pro vypracování:

- 1. Literární studie poznatků z oblasti štíhlého podniku, ergonomie, metod měření času, řízení projektů a robotizace.**
- 2. Popis funkce a prvků masážní jednotky v pneumatickém systému sedadla automobilu.**
- 3. Analýza současného stavu, objem produkce, výrobní postup a pracovní operace.**
- 4. Vytvoření layout a schématu pracoviště, definování činnosti operátorů, kolaborativního robota dodržující ergonomické požadavky.**
- 5. Srovnání stavu před a po úpravě, ekonomické vyhodnocení.**

Rozsah diplomové práce: **cca 60 stran**  
Rozsah příloh: **dle pokynů VDP**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- **FIALA, Petr.** *Modely produkčních systémů* . 2. vyd. V Praze: Oeconomica, 2013, 231 s. ISBN 978-80-245-1966-1.
- **DELGADO SOBRINO, Daynier Rolando.** *Material flow and layout: an integrative analysis* . Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2016, 93 s. Vědecké monografie. ISBN 978-80-7380-600-2.
- **KOLÍBAL, Zdeněk.** *Roboty a robotizované výrobní technologie* . Brno: Vysoké učení technické v Brně – nakladatelství VUTIUM, 2016, 787 s. ISBN 978-80-214-4828-5.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.**  
Ústav výrobního inženýrství  
Datum zadání diplomové práce: **2. ledna 2019**  
Termín odevzdání diplomové práce: **17. května 2019**

Ve Zlíně dne 6. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně .....

.....

---

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

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) *Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.*

(3) *Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.*

<sup>2)</sup> *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:*

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

<sup>3)</sup> *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:*

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

(2) *Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.*

(3) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá optimalizací stávající výrobní buňky pro nový projekt masážní jednotku v automobilu a její rozšíření z důvodu navýšení objemu produkce.

V teoretické části jsou uvedeny poznatky z oblastí štíhlého podniku, ergonomie, metod měření času, řízení projektů, robotizace. Je zde také vysvětlen princip masážní jednotky v pneumatickém systému sedadla.

Praktická část práce si klade za cíl optimalizaci projektu - provést analýzu objemu produkce, sestavit kusovník, výrobní postup, definovat jednotlivé pracovní operace, dále vytvořit layout a schéma pracoviště, činnost operátorů a kolaborativního robota včetně ergonomie.

V závěru práce je srovnán stav před a po úpravě, a vyhodnocen je ekonomický přínos navrženého řešení.

Klíčová slova: štíhlá výroba, optimalizace, layout, materiálový tok, ergonomie

## **ABSTRACT**

This master's thesis deals with optimizing the present layout proposal of workplaces for the new project unit of massage in the car and its extension by reason of the increase in production volume.

Theoretical part describes the knowledge from the lean production, ergonomics, time measurement methods, production sphere, analyze methods, robotics and presents the basic methods of the pneumatic system of the seat.

Practical part sets out project optimizing - the analysis of production capacity, set up the bill of materials, manufacturing process, give a definition of step by step operation, make a layout and SSP-workplace diagram, design options to improve operator activity and collaborative robot including ergonomic assessment.

The last part of the thesis concludes and evaluates all benefits of proposed precautions and compares the situation before and after the optimization.

Keywords: lean production, optimization, layout, material flow, ergonomics

Děkuji svému vedoucímu doc. Ing. Ondřeji Bílkovi, Ph.D. za jeho pomoc, trpělivost, odborné rady a připomínky při zpracování této diplomové práce.

„Při své práci jsem neměl na mysli vybudování závodu, ale lidi. Chtěl jsem doslova vybudovat člověka, který by byl výkonný a lépe sloužil zákazníkům, a on by potom vybudoval závod. Jsem totiž přesvědčený, že největší ztráty v průmyslu a obchodu vznikají nesprávným postojem, který má člověk ve své práci, ke svým spolupracovníkům a zákazníkům. Organizátor, který chce vybudovat velký podnik, musí nejdříve vytvořit morální a psychickou základnu, na které by se jeho spolupracovníci mohli vyvíjet.“

Tomáš Baťa, 1930

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1 ŠTÍHLÝ PODNIK</b> .....	<b>13</b>
1.1 ŠTÍHLÝ VÝVOJ .....	14
1.2 ŠTÍHLÁ VÝROBA .....	15
1.2.1 Metoda 5S .....	16
1.2.2 Týmová práce.....	17
1.2.3 Kaizen .....	17
1.2.4 Vizualizace .....	17
1.2.5 Štíhlý layout .....	17
1.2.6 TPM.....	18
1.2.7 Synchronizace procesů a vyvážené toky.....	18
1.3 ŠTÍHLÁ LOGISTIKA .....	19
1.4 ŠTÍHLÁ ADMINISTRATIVA .....	19
<b>2 ERGONOMIE</b> .....	<b>21</b>
2.1 ANTROPOMETRIE.....	22
2.2 PRACOVNÍ PROSTOR .....	23
2.3 PRACOVNÍ MÍSTO.....	23
2.4 PRACOVNÍ POLOHY .....	24
2.5 SDĚLOVAČE.....	25
2.6 OVLADAČE.....	25
2.7 OSVĚTLENÍ.....	26
2.8 ERGONOMICKÉ NÁRADÍ.....	26
2.9 SVALOVÁ SÍLA .....	26
2.10 PSYCHICKÉ ZATÍŽENÍ.....	27
2.11 VLIV MIKROKLIMATU NA ČLOVĚKA .....	27
2.12 HLUK .....	27
<b>3 METODY MĚŘENÍ A STANOVENÍ ČASU</b> .....	<b>28</b>
3.1 PŘÍMÁ METODA .....	28
3.2 NEPŘÍMÁ METODA.....	28
3.2.1 MTM .....	28
3.2.2 MOST.....	29
3.3 ZÁKAZNICKÝ TAKT .....	30
3.4 VÝROBNÍ TAKT.....	30
<b>4 ŘÍZENÍ PROJEKTU</b> .....	<b>31</b>
4.1 ZÁKLADY PROJEKTOVÉHO MANAGEMENTU.....	31
4.2 ORGANIZAČNÍ STRUKTURA .....	31
4.2.1 Manažer projektu .....	31
4.2.2 Projektový tým .....	32
4.3 ŽIVOTNÍ CYKLUS PROJEKTU A FÁZE PROJEKTU .....	32
4.3.1 Konceptuální návrh .....	32



4.3.2	Produkce.....	33
4.3.3	Operační období .....	33
4.3.4	Ukončení projektu.....	33
<b>5</b>	<b>ROBOTIZACE.....</b>	<b>34</b>
5.1	DEFINICE POJMŮ U ROBOTIKY .....	34
5.1.1	Manipulátor .....	35
5.1.2	Robot.....	35
5.1.3	Průmyslový robot.....	35
5.1.4	Rozdělení robotických systémů .....	35
5.1.5	Rozdělení dle definice robotů .....	35
5.1.6	Podle počtu stupňů volnosti robota.....	36
5.1.7	Podle kinematické struktury.....	36
5.1.8	Podle druhu pohonů .....	36
5.1.9	Podle geometrie pracovního prostoru .....	37
5.2	KOLABORATIVNÍ ROBOT.....	37
<b>6</b>	<b>PRINCIP MASÁŽNÍ JEDNOTKY V PNEUMATICKÉM SYSTÉMU SEDADLA .....</b>	<b>38</b>
<b>7</b>	<b>SHRNUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI A CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI PRÁCE.....</b>	<b>39</b>
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>40</b>
<b>8</b>	<b>NÁVRH OPTIMALIZACE STÁVAJÍCÍ VÝROBNÍ BUŇKY PRO NOVOU MASÁŽNÍ JEDNOTKU MB STA3 BR223 14MSG .....</b>	<b>41</b>
8.1	SOUČASNÝ STAV .....	41
8.1.1	Předmontáž.....	42
8.1.2	Ruční osazování a selektivní pájení .....	42
8.1.3	Proces AOI.....	45
8.1.4	Proces ICT.....	46
8.1.5	Montáž krytu .....	47
8.1.6	Final test (konečná zkouška).....	48
8.1.7	Optická brána – balení hotové produkce.....	49
8.2	LAYOUT STÁVAJÍCÍ VÝROBNÍ BUŇKY .....	49
8.3	ANALÝZA KAPACITY STÁVAJÍCÍ VÝROBNÍ BUŇKY .....	50
8.4	PŘEDSTAVENÍ NOvé MASÁŽE .....	51
8.4.1	Kusovník výrobku.....	52
8.4.2	Výrobní postup.....	54
8.5	ANALÝZA OBJEMŮ PRODUKCE PRO NAVÝŠENÍ STÁVAJÍCÍ VÝROBY A NOVÝ PROJEKT .....	55
8.5.1	Objem produkce a životní cyklus v jednotlivých rocích.....	55
8.5.2	Výpočet plánované kapacity zařízení.....	56
8.6	PLÁNOVANÝ STAV.....	58
8.6.1	Předmontáž.....	59
8.6.2	Selektivní pájení.....	62
8.6.3	AOI.....	63
8.6.4	ICT .....	64
8.6.5	Montáž krytu .....	65
8.6.6	FT s kolaborativním robotem a optickou bránou.....	65

8.7	LAYOUT .....	67
8.8	MOST .....	67
8.9	SCHÉMA STANDARDU PRACOVÍŠTĚ.....	70
8.10	SROVNÁNÍ STAVU PŘED A PO ÚPRAVĚ S EKONOMICKÝM VYHODNOCENÍM .....	71
<b>ZÁVĚR .....</b>		<b>73</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>		<b>74</b>
<b>OSTATNÍ ZDROJE .....</b>		<b>76</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>		<b>77</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>		<b>79</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>		<b>81</b>

## ÚVOD

V průmyslové výrobě dlouhodobě zaznamenáváme obrovský rozmach nových technologií, kdy jsou původní stroje s ruční obsluhou nahrazovány výkonnými automatizovanými stroji s novou technologií. Takovým příkladem je plánovaný nástup průmyslu 4.0, tzv. čtvrtá průmyslová revoluce. Myšlenkou je vznik chytrých továren využívající řízené robotické systémy, které by převzaly opakující se a jednoduché pracovní činnosti vykonávané člověkem, tedy lidskou silou. Velmi rozvíjející oblastí je automobilový průmysl. Nyní, kdy se podniky potýkají s velmi silnou a rostoucí konkurencí v automobilovém průmyslu, je stále zlepšování ve výrobním procesu velmi významné. Firmy se snaží dodávat výrobky v co nejlepší kvalitě, ale za co nejméně peněz. Velkou úlohu v tomto mají nástroje štíhlé výroby a optimalizace stávajícího výrobního procesu. Štíhlé myšlení je jednou z hlavních schopností úspěšné existence dlouhodobě prosperujícího podniku.

Cílem této diplomové práce je optimalizace stávající výrobní buňky pro nový projekt masážní jednotku v automobilu a její rozšíření z důvodu navýšení objemu.

Teoretická část práce je literární rešerší zaměřenou na popis základních pojmů týkajících se štíhlé výroby a štíhlého podniku, ergonomie, metod měření času, projektového řízení, robotiky, ale hlavně procesu optimalizace výroby pro nový projekt.

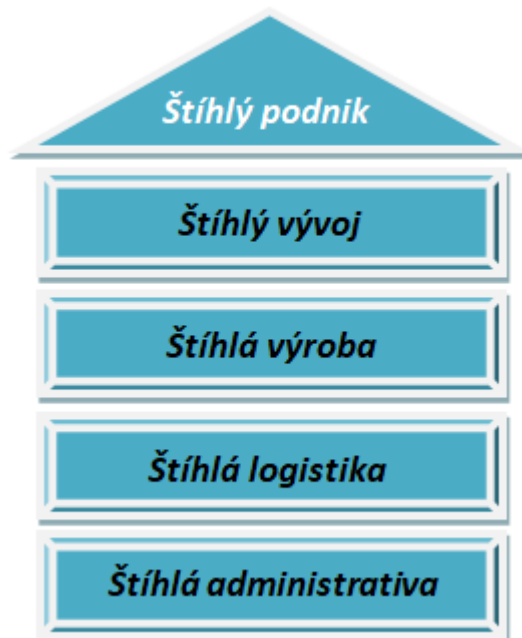
Praktická část je věnována optimalizaci stávající výrobní buňky, kdy postup rozšíření bude probíhat metodou zdvojení některých technologií, navržení nových zařízení a operací. Dále je řešena ergonomie optimalizovaného buňkového pracoviště a layout, zásobování a materiálové toky, jež s novým konceptem souvisí.

Očekávaným přínosem bude zvýšení výkonnostní normy, navržení zcela nových zařízení dle poznatků ze stávající produkce a v neposlední řadě finanční úspora v podobě ušetření výrobní plochy.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 ŠTÍHLÝ PODNIK

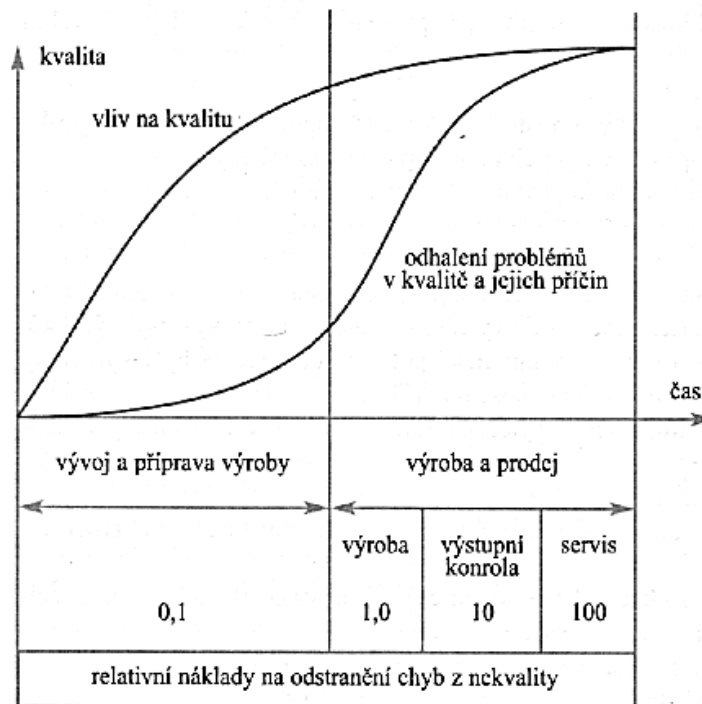
Štíhlý podnik je taková firma, která dělá pouze činnosti potřebné, dělá je správně napoprvé, rychleji a za méně peněz než ostatní. Strukturu takové firmy tvoří čtyři základní prvky. Jedná se o **štíhlý vývoj, štíhlou výrobu, štíhlou logistiku a štíhlou administrativu**, které později podrobněji vysvětlím. Štíhlost se vytváří již ve vývoji výrobku a zařízení a je ovlivněna logistickým tokem nebo procesem v administrativě. Je velká chyba spousty firem, že mají od sebe oddělený vývoj výrobku od výroby, protože tyto dvě věci jsou úzce propojené. Nesmíme také zapomenout, že podnik tvoří především lidé, jejich znalosti, motivace a postoje k práci. [2]



Obr. 1. Prvky štíhlého podniku

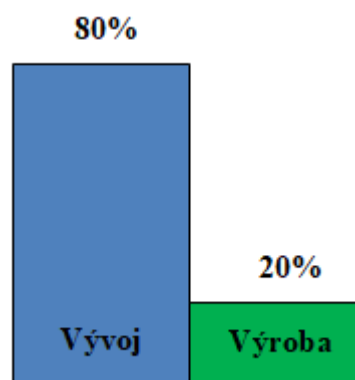
## 1.1 Štíhlý vývoj

Cesta ke štíhlému podniku začíná už ve fázi vývoje. Můžeme zde ovlivnit variabilní i fixní náklady. Variabilní náklady jsou např. náklady na materiál a mezi fixní náklady patří plochy, zařízení nebo kapacity. Obrázek č. 2 znázorňuje vliv na kvalitu ve vývojové a výrobní fázi.



Obr. 2. Vliv na kvalitu ve fázi vývoje a výroby v čase [2]

Obrázek č. 3 znázorňuje vliv na náklady na výrobek ve vývojové a výrobní fázi.



Obr. 3. Vliv na náklady na výrobek

Způsob výroby a montáže určuje konstruktér a technolog zároveň. Oba mají možnost přímo do výrobku a výrobního procesu zabudovat principy štíhlosti (Jidoka, Poka-Yoke).

- *Jidoka* – pojem je znám jako autonomizace, je to koncept autonomního pracoviště, zařízení / stroj je upraven tak, že je schopný automatického zastavení, spuštění, naložení, vyložení a především identifikace vady a signalizovat potřebnou pomoc, cílem je přesunout tyto činnosti z operátora na stroj, přičemž operátor je takto schopen obsluhovat více strojů a věnovat se např. změně sortimentu, preventivní údržbě apod.
- *Poka Yoke* – je japonský termín, který lze přeložit jako vyloučení omylu, je to systém, který se stará o minimalizaci chyb z nepozornosti --> průběh výroby je upraven tak, aby bylo možné jednu výrobní operaci vykonat pouze jedním způsobem a vada se nedostala na další pracoviště

Principem štíhlého vývoje je tedy vycházet z požadavků a z taktu zákazníka, vyvarovat se jakýchkoliv nadbytečných funkcí výrobku, které zákazník nevyžaduje a jsou pro něho plýtváním. Určení zodpovědné osoby, která nový produkt zaštití od jeho vývoje až po start samotné výroby. Vyvíjet výrobek s ohledem na výrobu a montáž. Přihlížet v případě změny na výrobku na možnost upravit stávající stroj namísto nákupu zcela nového zařízení. Součástí týmu by měl být technolog, konstruktér, programátor, zástupce výroby, logistik nebo nákupčí. [2], [5], [7]

## 1.2 Štíhlá výroba

Štíhlá výroba je součástí štíhlého podniku jako celku. Dle Mašina je metodologie komplexního zlepšování procesů, která zefektivňuje všechny činnosti spojené s výrobou a eliminuje v nich plýtvání s cílem redukovat průběžnou dobu výroby, snížit rozpracovanost i zásoby, snížit náklady a zvýšit jakost pomocí technik a nástrojů průmyslového inženýrství. [5]

Prvky štíhlé výroby nám pomáhají k vyšší produkci, efektivnějšímu využití ploch a výrobních zdrojů při nižších nákladech. Usilují o zkrácení času mezi dodavatelem a

zákazníkem. V podstatě se zaměřuje na výrobní činnost podniku od vybavení pracovišť po jeho pracovníky s cílem zaručit stabilitu, flexibilitu a ucelenost celého výrobního procesu. [2]

Prvky štíhlé výroby směřují k eliminaci plýtvání ve výrobním systému. Pojem plýtvání znamená vše, co zvyšuje náklady výrobku či služby a nezvyšuje jejich hodnotu. [2]

Druhy plýtvání [2], [8]:

- *Nadprodukce* – výroba většího než potřebného počtu produktů
- *Zásoby* – vysoké zásoby hotové produkce, rozpracovanosti, dílů a součástí - to vše jsou vysoké náklady, které nám nedávají žádnou přidanou hodnotu, vysoká zásoba je výsledkem nadprodukce
- *Nadbytečná práce* – je činnost provedená nad rámec zákaznických požadavků
- *Oprava a zmetky* – zmetky přerušují výrobu a žádají si nákladné opravy
- *Zbytečný pohyb* – je jakýkoliv pohyb navíc, který produktu nepřidává žádnou hodnotu
- *Čekání* – může se jednat o čekání člověka na materiál, informace, dokončení strojního cyklu, či poruchu stroje
- *Doprava* – nadbytečná přeprava materiálu z bodu X do bodu Y a manipulace v rámci procesu, nejlépe je odstranit veškerou přepravu a výrobu sloučit v jeden ucelený celek (tok jednoho kusu)
- *Nevyužití schopnosti pracovníků* – je největší formou plýtvání v podniku

Štíhlé pracoviště je základem štíhlé výroby. Na správně navrženém (vybalancovaném) pracovišti závisí pohyby, které musí pracovníci denně vykonávat. Od pohybů na pracovišti se odvíjí spotřeba času, s níž souvisí kapacity jednotlivých pracovišť a zařízení. [8]

### 1.2.1 Metoda 5S

Absolutním základem štíhlého pracoviště ve štíhlé výrobě je metoda 5S. Je to souhrn pěti základních principů, které vedou k odstranění plýtvání na pracovišti. Při správném dodržování pečujeme o čisté a harmonizované pracoviště, stále vylepšujeme, eliminujeme ztráty a plýtvání na pracovišti. [8]



Metodu 5S rozdělujeme na [8]:

- *Seiri (roztřídit)* – odstranit z pracoviště vše nepotřebné, necháváme jen to, co skutečně potřebujeme k práci
- *Seiton (srovnat)* – vytrídít a uspořádat si věci tak, aby k nim byl dobrý přístup
- *Seiso (vyčistit)* – vše vyčistit (nástroje, zařízení, pracovní plochy a uličky) a udržovat je v čistotě
- *Seiketsu (systematizovat)* – standardizace určena pravidly a postupy
- *Shitsuke (standardizovat)* – udržovat vše, jak bylo nastaveno

### 1.2.2 Týmová práce

Týmová práce je základem štíhlého podniku a výroby. Správná týmová práce může přispět k odstranění jednotlivých druhů plýváním vzniklých zrovna špatnou komunikací a spoluprací mezi lidmi. Nedílnou součástí je neustálé zlepšování (Kaizen). [2]

### 1.2.3 Kaizen

Kaizen je filozofie, snaha a úsilí o nepřetržité zlepšování procesů, výrobků a služeb. Principem této filozofie zlepšování procesů je souvislý postup s menšími kroky za účasti všech pracovníků. [3]

### 1.2.4 Vizualizace

Vizualizace je nedílnou součástí štíhlé výroby. Je zdrojem informací, díky kterým je možno okamžitě rozeznat abnormality od běžného stavu. [2]

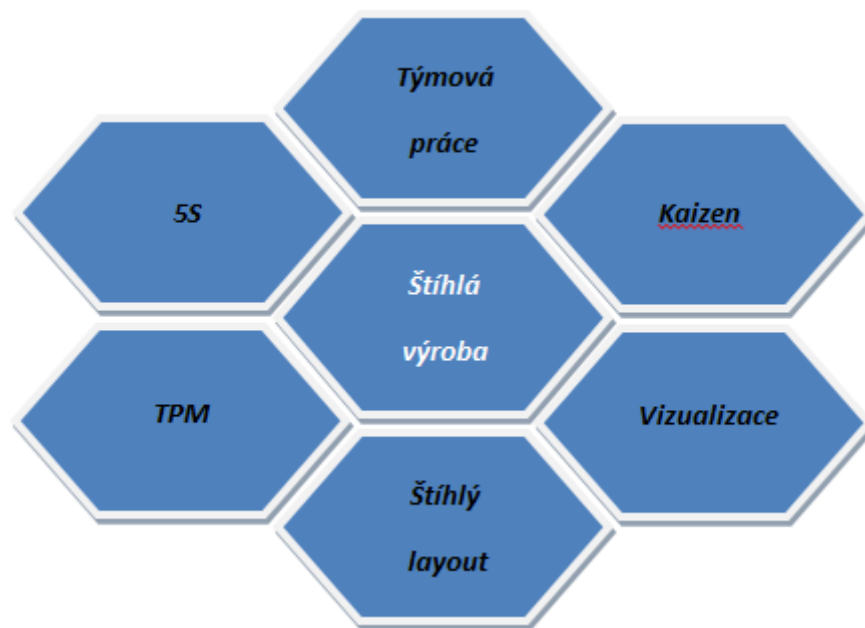
### 1.2.5 Štíhlý layout

Štíhlý layout výrobních buněk výrazně zkracuje materiálový tok při respektování ergonomie. Tok jednoho kusu, je typický pro pojetí štíhlé výroby, neboť oproti dávkové výrobě prochází výrobek procesem bez čekání a přerušování. Výhodou je především snížení průběžné doby výroby, rozpracovanosti a redukce výrobních ploch. [2]

### 1.2.6 TPM

TPM (totálně produktivní péče o zařízení) je prvek štíhlé výroby zaměřující se na zvyšování produktivity zařízení. Jedná se o soubor činností, které redukují čas poruchy, zmetky, přestavbu zařízení apod. [2]

*SMED* (program rychlých změn) je jednou z nejčastěji využívaných metod v návaznosti na program TPM. Jedná se o metodu získání kapacity stroje, která se ztrácí jeho dlouhou přestavbou na jinou vyráběnou variantu. Přestavba zařízení má trvat co nejkratší dobu. [2]



Obr. 4. Štíhlá výroba

### 1.2.7 Synchronizace procesů a vyvážené toky

Účelem je vyrábět jen takový produkt, který objedná zákazník, v požadovaném množství, čase a kvalitě. Jedním ze systémů, který pomáhá plynulosti toku materiálu je systém Kanban, který přispívá k lepší přehlednosti ve výrobě a zamezí zastavení výrobní plochy nadbytečným materiálem. [2]

*Kanban* je japonské slovo, které je možno přeložit jako karta, štítek nebo informace. Jedná se o identifikační informaci na regálu, přepravce, či místu na podlaze. Informace obsahuje např. číslo materiálu, název, množství nebo umístění. U regálu např. maximální nosnost.

### 1.3 Štíhlá logistika

Štíhlý podnik, který chce budovat štíhlé procesy ve výrobě musí také budovat i štíhlou logistiku. Materiál zabírá potřebnou plochu, navyšuje náklady na skladování, manipulaci a negativně působí na konečnou cenu výrobku. Štíhlá logistika se ovšem netýká pouze materiálového, ale rovněž informačního toku od nákupu, plánování výroby po prodej produktů. Podíl logistiky na úspěchu nebo neúspěchu podniku se zvyšuje zejména přizpůsobování výroby individuálním požadavkům zákazníků a růstu jejich objednávek. Hlavní formy plýtvání v logistice jsou zásoby, zbytečná manipulace, čekání a chyby. [2]

Druhy plýtvání:

- *Zásoby* – neboli nadbytečný materiál, který vzniká špatným plánováním, nepřesnou dokumentací nebo příliš brzkými dodávkami
- *Zbytečná manipulace* – zbytečná manipulace a přeskladňování materiálu
- *Čekání* – čekání na materiál, dopravní prostředky a informace
- *Chyby* – příprava materiálu v nesprávném čase a počtu

Výrobu můžeme rozdělit na hromadnou a zákaznickou. U hromadné výroby je předpoklad nižších nákladů za cenu menší přizpůsobivosti zákaznickým potřebám. Zákaznická výroba je naopak přizpůsobena zákazníkovi na míru i za cenu vyšších nákladů.

### 1.4 Štíhlá administrativa

Štíhlá administrativa podobně jako štíhlá výroba si žádá zlepšení podnikových procesů.

Činnosti v oblasti administrativy zabírají více než 50% času z celkové průběžné doby zakázky. [2]

Druhy plýtvání [2]:

- *Přeprava zbytečných informací* – přenášení dokumentu ke kopírování a podpisu
- *Zbytečný pohyb na pracovištích* – při špatném navrženém layoutu administrativních prostor, dochází k opakovanému pohybu osob za účelem hledání nebo předání dokumentů
- *Hledání, čekání* – nepořádek na pracovišti
- *Zásoby* – obvykle dokumenty čekající na zpracování, nepřečtené e-maily
- *Chyby* – jedná se o chyby ve smyslu nesprávného či neúplného zadání dat a nedostatečně definovaných úkolů

Štíhlá administrativa začíná v pořádku a v systému. Vede k poklesu zásob nevyřízených materiálů a k celkově vyšší efektivnosti administrativy. [2]



Obr. 5. Nepořádek na pracovišti před a po zavedení štíhlé administrativy [9]

## 2 ERGONOMIE

Ergonomii lze formulovat jako vědní disciplínu, která má přispívat k zlepšování podmínek člověka při jeho činnostech, k zlepšení pohody a zvyšování jeho produktivity s cílem optimalizovat psychicko-fyzickou zátěž. Výraz ergonomie pochází z řečtiny a je kombinované ze dvou výrazů (ergon = práce, nomos = zákon, pravidlo) a znamená nauku o práci. [10]

Předmětem ergonomie jsou pracovní schopnosti člověka (rozsahy pohybů trupu a končetin, síly svalových skupin, tělesné rozměry atd.), problematika přizpůsobení člověka na pracovní podmínky (směňová a noční práce, vnucené pracovní tempo atd.) a reakce organismu na pracovní prostředí (hluk, mikroklimatické podmínky, vibrace, prach atd.).

Ergonomická pravidla a doporučení jsou legislativně ošetřena v několika zákonech, přičemž základní jsou [18]:

- *Zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce*
- *Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění zákona č. 274/2003 Sb.*
- *Zákon č. 309/2006 Sb., o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci*

Ergonomická pravidla a doporučení jsou legislativně ošetřena v nařízení vlády, přičemž základní jsou [18]:

- *Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci*
- *Nařízení vlády č. 176/2008 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na strojní zařízení*

Ergonomická pravidla a doporučení jsou legislativně ošetřené v české technické normě, přičemž základní jsou [19]:

- *ČSN EN ISO 6385 - Ergonomické zásady navrhování pracovních systémů*
- *ČSN EN ISO 9241-210 - Ergonomie systémových interakcí člověka*
- *ČSN EN 614-1+A1 – Bezpečnost strojních zařízení – Ergonomické zásady navrhování – Část 1: Terminologie a všeobecné zásady*
- *ČSN EN 614-2+A1 – Bezpečnost strojních zařízení – Ergonomické zásady navrhování – Část 2: Interakce mezi konstrukcí strojního zařízení a pracovními úkoly*
- *ČSN EN ISO 7250-1 - Základní rozměry lidského těla pro technologické projektování – Část 1: Definice a orientační body tělesných rozměrů*

Ergonomie se například zabývá těmito oblastmi:

- *Antropometrie*
- *Pracovní prostor*
- *Pracovní místo*
- *Pracovní polohy*
- *Sdělovače*
- *Ovladače*
- *Osvětlení*
- *Ergonomické nářadí*
- *Svalová síla*
- *Psychické zatížení*
- *Vliv mikroklimatu na člověka*
- *Hluk*

## **2.1 Antropometrie**

Antropometrie – je věda zabývající se naukou o možnosti zátěže, pohyblivosti a rozměrech lidského těla. Původ slova pochází z řečtiny a je kombinován ze dvou výrazů (Anthropos = člověk, metron = rozměr) a znamená metoda měření lidského těla a jeho částí. Rozměry jsou

zkoumány mezi antropometrickými body, obvykle dobře hmatatelnými na kostře lidského těla.

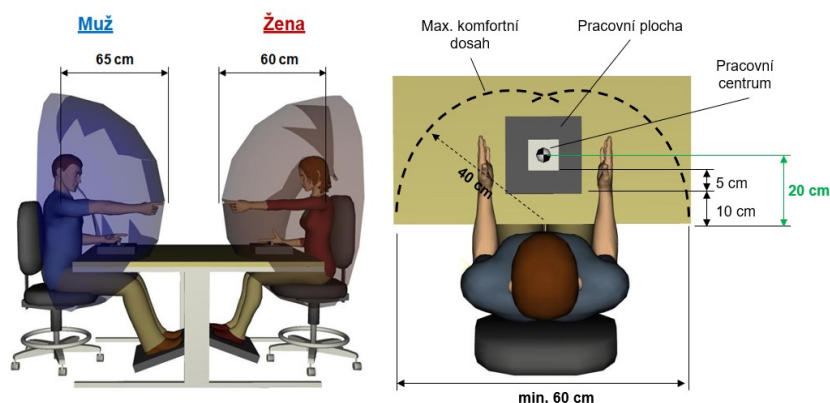
## 2.2 Pracovní prostor

Pracovní prostor je místo přidělené jedné nebo více osobám na určitém pracovišti, v určitém pracovním prostředí a za určitých podmínek pro plnění pracovního úkolu. Zahrnuje minimální světlou výšku pro trvalou práci nebo kratší práci než 4 h za pracovní dobu v metrech. Dále vzdušný neboli objemový prostor pro práci vsedě a ve stoji v metrech krychlových. Volnou podlahovou plochu v prostoru na trvalou práci pro jednoho zaměstnance v metrech čtverečních. [25]

## 2.3 Pracovní místo

Pracovní místo je potřeba uspořádat tak, aby manipulační a pohybový prostor a vynakládané síly odpovídaly tělesným rozměrům a přirozeným drahám pohybů končetin pracovníků, aby nedocházelo k zaujímání špatných pracovních poloh.

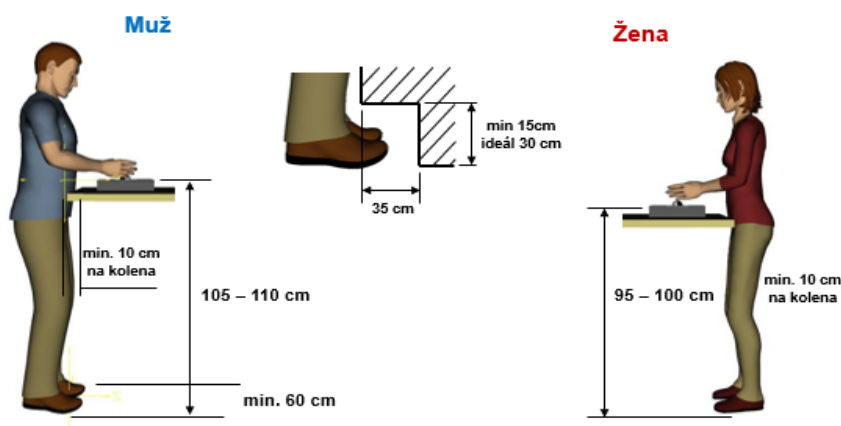
Pozorovací vzdálenost mezi okem a předmětem práce je zorné pole. Snížení této vzdálenosti přispívá nejen ke zlepšení zdraví a pohody pracovníka, ale i k ušetření pracovního času. Zónou dosahu je maximální komfortní dosah na pracovišti k výkonu práce. Na obrázku číslo 6 je ukázka dosahu horních končetin. [10]



Obr. 6. Dosah horních končetin [25]

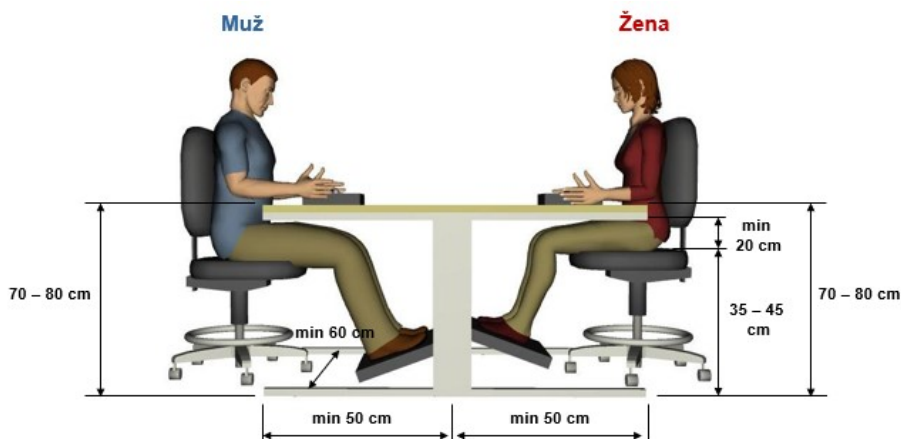
## 2.4 Pracovní polohy

Každá pracovní poloha (ve stoji, v sedě a v polosedě – stání s oporou) má přesně definované rozměry. Například při práci ve stoji, je pracovní plocha u mužů ve výšce v rozmezí 105–110 cm a u žen v rozmezí 95–100 cm. Při zakrytování stroje, je potřeba počítat s prostorem pro chodidla. Na obrázku číslo 7. je ukázka definovaných rozměrů pracovní polohy ve stoji. [25]



Obr. 7. Práce ve stoji [25]

Při práci vsedě, je pracovní plocha u mužů a žen ve výšce v rozmezí 70–80 cm. Tento rozměr neplatí v případě zvýšeného sezení. Také se doporučuje konstruovat stůl pro sezení s podpěrou pro nohy. Minimální prostor pro nohy je 50 cm, ale ideální je 70 cm. Sezení vsedě je vhodné pro práci se zvýšenými nároky na přesnost a pro menší nároky na sílu a změnu pracovní polohy. [25]



Obr. 8. Práce vsedě [25]



Důležité je vhodné rozdělení pracovní polohy. Tyto rozdělujeme na:

- *Vhodné* – ve stoji, ve stoji s oporou, vsedě a zvýšeném sezení
- *Nevhodné* – jakékoliv dlouhodobé polohy, velký předklon, vychýlení na bok, natažené ruce, ruce nad úroveň hlavy, dlouhodobé držení materiálu a břemen
- *Netypické pracovní polohy* – v kleku, v podřepu a vleže

Na obrázku číslo 9 je ukázka pracovní polohy.



Obr. 9. Pracovní polohy [25]

## 2.5 Sdělovače

Sdělovače poskytují přesné, rychlé a srozumitelné informace, kterými se řídí chod zařízení. Jsou optické a akustické. Zásadní je umístění sdělovačů na místa snadno přístupná, viditelná a slyšitelná. [10]

## 2.6 Ovladače

Ovladače jsou části strojů a zařízení, jejichž prostřednictvím operátor stroj spouští, zastavuje a zasahuje do jejího chodu. Jedná se o různé druhy tlačítek, regulátoru, pák, pedálů a spínačů. Je velice důležité umístění ovladačů na místa snadno přístupná a dosažitelná. Pro rozlišení je vhodné je rozlišit barvou od okolí (červená, zelená, oranžová a např. modrá). [10]

## 2.7 Osvětlení

Špatné osvětlení může zapříčinit slzení a pálení očí, bolesti hlavy a zad. Má vliv na pracovní výkon a kvalitu. Základní osvětlení má být min. 500 lx. Pro běžnou vizuální kontrolu minimálně 750 lx. Je vhodné mít i instalované dodatečně osvětlení uvnitř zařízení (led diody, bosch rexroth atd.). [10]

## 2.8 Ergonomické nářadí

Ergonomické nářadí jsou nástroje respektující základní pravidla ergonomie.

Mezi hlavní požadavky na ergonomické nářadí patří:

- Hmotnost by neměla přesáhnout 2,5 kg
- Vyloučení extrémních poloh a pohybu rukou
- Minimalizace vibrací a nárazů
- Snižování vynakládané síly
- Automatizace nástrojů vykonávajících opakované úkony
- Nástroje společné pro praváky i leváky

## 2.9 Svalová síla

Fyzická zátěž je oblastí ergonomie, kde se hodnotí [10]:

- *Svalová síla* – je závislá na věku a pohlaví. Nejvyšší je ve věku 20-30 let
- *Hmotnostní limity* – určují váhu předmětů, které je možno operátorem zvedat či přenášet, například při častém zvedání a přenášení břemen je povolen váhový limit 30 kg pro muže a 15 kg pro ženy u práce vykonávané po dobu delší než 30 minut za směnu
- *Tepová frekvence* – u fyzické práce (důlní záchranáři, hasiči) nesmí být překročena hranice 150 tepů za minutu
- *Energetický výdej* – je spotřeba energie při fyzické práci přepočtené na kJ za hodinu

## 2.10 Psychické zatížení

Psychické a smyslové zatížení – zkoumá stresory, s cílem jejich eliminace. Mezi hlavní stresory patří [10]:

- *Monotonie* – vykonávání jednoduchých a stále se opakujících úkonů
- *Časový tlak* – vnucené pracovní tempo dané pásovou výrobou
- *Sociální zátěž* – která je způsobena únavou, krátkými termíny pro splnění úkolu, nezvládnutým stresem vedoucí k depresím a následně až k tzv. syndromu vyhoření (negativní postoje, vyčerpání, problémy se spánkem, žaludeční vředy, zažívací potíže, bolesti hlavy prodloužené nachlazení, bolesti v zádech a šíji, pocit bezmocnosti, vztek, zlost, beznadějnost)

Vhodné jsou přestávky, rovnoměrné rozložení zátěže a rozvržení práce spojené se snížením jednotvárnosti práce.

## 2.11 Vliv mikroklimatu na člověka

Mikroklimatické podmínky zahrnují vnější vlivy působící na pracoviště. Teplota vzduchu při lehké fyzické zátěži má být okolo 22 °C. Při vysokých nebo nízkých teplotách je nutné zajistit ochranné nápoje. Hrozí nadměrná únava, ospalost a nesoustředěnost vedoucí až k riziku pracovního úrazu. Vlhkost vzduchu je doporučena v rozhraní 30 – 60%. Rychlost proudění vzduchu je rovněž důležitým vlivem působícím na lidský organismus. Proudění vzduchu by mělo být v rozmezí 0,1 – 0,3 m/s. Vyšší rychlost může mít za následek rychlé ochlazení organismu vedoucí k pocitu průvanu. [10]

## 2.12 Hluk

Hluk je jakýkoliv rušivý, nepříjemný nebo škodlivý zvuk, který se měří v dB. V případě překročení povolených limitů hluku je nutné použít ochranné pracovní pomůcky. Hluk se podílí na pracovním stresu a zvyšuje pravděpodobnost chyb. [10]

### 3 METODY MĚŘENÍ A STANOVENÍ ČASU

Jedná se o metody měření času nezbytné pro danou práci s cílem vytvoření normy spotřeby času (NSČ). Metody se staly nedílnou součástí štíhlých podniků a štíhlé výroby. Můžeme je rozdělit na přímé a nepřímé metody. [8], [13]

#### 3.1 Přímá metoda

Přímá metoda je například pomocí stopek, kamery nebo snímku pracovního dne. Snímek pracovního dne je technika neustálého pozorování veškerého spotřebovaného času během směny, která přináší souhrnnou představu o veškerých aktivitách s rozdělením na konání přidávající nebo nepřidávající hodnotu. K záznamu slouží formulář (*zápisový lístek*), na který se zaznamenávají časy jednotlivých činností. [8], [13]

#### 3.2 Nepřímá metoda

Nepřímá metoda je metoda tzv. předem určených časů. Ty se přizpůsobují k jednotlivým pohybům, které je možno člověkem vykonat. Na rozdíl od přímého náměru nemůže dojít k úmyslnému navyšování časů ze strany sledovaného operátora, se záměrem navýšení normy. Mezi metody nepřímého měření patří metoda MTM a MOST. [8], [13], [20]

##### 3.2.1 MTM

MTM neboli Methods Time Measurement je známou metodou nepřímého měření, jejíž výstup je velmi přesný a obsahuje velmi detailní popis jednotlivých činností, které se pravidelně opakují. Základními pohyby jsou například sáhnout, uchopit, přemístit. Každému pohybu je přiřazena předdefinovaná časová norma odpovídající zapracovanému člověku. Časové normativy MTM jsou zpracovány a soustředěny do přehledné tabulky, přičemž jednotlivé druhy pohybů jsou označeny domluvenými symboly, které jsou jednotné a mezinárodně platné. [20]

Samotné pohyby jsou určeny v časových jednotkách TMU (Time Measurement Unit) [20]:

$$1 \text{ TMU} = 0,0006 \text{ min}$$

$$27,7 \text{ TMU} = 1 \text{ sekunda}$$

MTM metoda se stala základem většiny měření. [20]

V tabulce č. 1 je uveden příklad pohybu sahání dle náročnosti a vzdálenosti.

Tab. 1. MTM pro pohyb sahání [20]

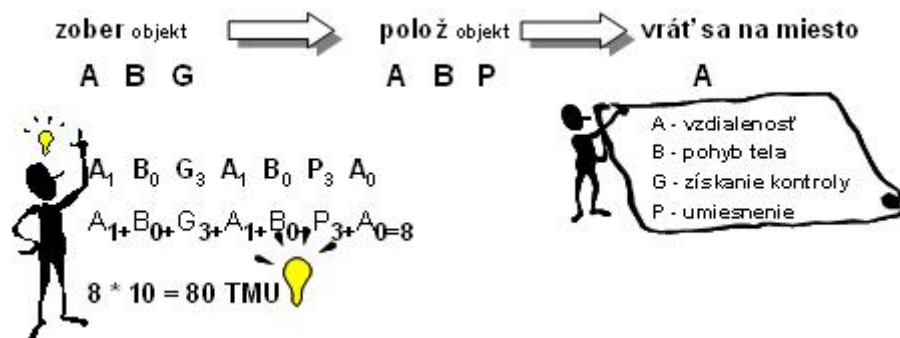
**Příklad tabulky MTM pro pohyb sahnutí**

Tabulka časových hodnot pohybů sahnutí - R							
Případ pohybu	Dráha pohybu cm	typ pohybu 1				typ pohybu 2	
		A	B	C+D	E	A	B
A - Sahať po predmete, ktorý je na stáom mieste alebo v druhej ruke, alebo na ktorom druhá ruka leží	2	2,0	2,0	2,0	2,0	1,6	1,6
	4	3,4	3,4	5,1	3,2	3,0	2,4
	6	4,5	4,5	6,5	4,4	3,9	3,1
	8	5,5	5,5	7,5	5,5	4,6	3,7
	10	6,1	6,3	8,4	6,8	4,9	4,3
	12	6,4	7,4	9,1	7,3	5,2	4,8
B - Sahať po jednotlivom predmete na mieste, ktoré sa môže len málo meniť	14	6,8	8,2	9,7	7,8	5,5	5,4
	16	7,1	8,9	10,3	8,2	5,8	5,9
	18	7,5	9,4	10,8	8,7	6,1	6,5
	20	7,8	10,0	11,4	9,2	6,5	7,1
	22	8,1	10,5	11,9	9,7	6,8	7,7
	24	8,5	11,1	12,5	10,2	7,1	8,2
C - Sahať po predmete v skupine ďalších predmetov	26	8,8	11,7	13,0	10,7	7,4	8,8
	28	9,2	12,2	13,6	11,2	7,7	9,4
	30	9,5	12,8	14,1	11,7	8,0	9,9
D - Sahať po veľmi. Malom alebo ťažko uchopiteľnom predmete	35	10,4	14,2	15,5	12,9	8,8	11,4
	40	11,3	15,6	16,8	14,1	9,6	12,8
	45	12,1	17,0	18,2	15,3	10,4	14,2
	50	13,0	18,4	19,6	16,5	11,2	15,7
E - Sahať na neurčité miesto alebo natiahnuť ruku pre zachovanie rovnováhy alebo pritiahnúť ruku do východiskovej polohy na vykonanie nového pohybu	55	13,9	19,8	20,9	17,8	12,0	17,1
	60	14,7	21,2	22,3	19,0	12,8	18,5
	65	15,6	22,6	23,6	20,2	13,5	19,9
	70	16,5	24,1	25,0	21,4	14,3	21,4
	75	17,3	25,5	26,4	22,6	15,1	22,8
	80	18,2	26,9	27,7	23,9	15,9	24,2

### 3.2.2 MOST

V dnešní době můžeme říci, že se jedná o nejpoužívanější metodu nepřímého měření. Zpracování se zachováním vysoké přesnosti je časově méně náročné, než u metody MTM. Všechny časové hodnoty v systému MOST (Maynard Operation Sequence Technique) představují hodnoty průměrně zkušeného operátora, pracujícího v průměrném výkonu, normálním způsobem. Označuje se jako stoprocentní výkon. MOST při definování operací nejde do takových detailů jako metoda MTM, protože opakující se sekvence nabízí už jako předdefinované moduly. Lze ji použít na operace, jejichž trvání je v řádu sekund nebo až několik minut. [20]

Na obrázku č. 10 je příklad použití MOST analýzy.



Obr. 10. Příklad použití MOST analýzy [20]

### 3.3 Zákaznický takt

Zákaznický takt (takt time) říká, v jakém stanoveném čase je nutné vyrobit produkt dle požadavku zákazníka. Vypočítá se podílem fondu pracovní doby s počtem výrobků.

Z tohoto výpočtu je následně znám zákaznický takt, podle kterého je potřebné výrobek vyrábět nebo pro něho plánovat potřebné technologie.

### 3.4 Výrobní takt

Výrobní takt (cycle time), je výrobní čas neboli pracovní norma potřebná pro vykonání pracovní operace. Zahrnuje ruční a strojní časy. Výrobní takt je relevantní pouze zohledníme-li ukazatel OEE (Overall Equipment Effectiveness), což je celková efektivnost zařízení v procentech, v jakém jsme schopni zařízení efektivně využívat. Výpočet je násobkem dostupnosti, výkonu a kvality. Výsledek 85% a výše značí, že zařízení je využíváno efektivně. [13]

- *Dostupnost* – ovlivňuje ji prostoj například porucha, rozběh zařízení apod. Jednoduše řečeno ideální dostupnost je bez zastavení stroje
- *Výkon* – je dán časem na vyrobení jednoho kusu, jež může být ovlivněn například ztrátou rychlosti či krátkým zastavením nebo dostupností zařízení
- *Kvalita* – je ovlivněna výpadky neboli vadnými kusy (zmetky)

## 4 ŘÍZENÍ PROJEKTU

Řízení projektu je mnohostranná činnost. Projekt je dočasná snaha k vytvoření unikátního produktu, služby nebo určitého výsledku, který má definován specifický cíl, jenž má být splněn, má stanoven začátek i konec realizace a zároveň určen finanční zdroj potřebný k jeho realizaci. Každý projekt je originálem a je rozdělen do tří fází (zahájení, realizace a ukončení). Zákazník nebo dodavatel mohou mít odlišné požadavky na cíle. [11], [12]

### 4.1 Základy projektového managementu

Projekt je jakýkoliv sled úkolu a aktivit, jež mají určen definovaný cíl s časovým a finančním omezením. Tvoří ho tři základní charakteristiky projektového managementu [11]:

- *Čas* – je limitní pro plánování jednotlivých dílčích aktivit a úkolů na projektu
- *Dostupnost zdrojů* – jsou projektu přiděleny a pravidelně užívány
- *Náklady* – jedná se o finance rozložené v jednotlivých fázích projektu

### 4.2 Organizační struktura

Základní subjekty projektového managementu:

- Projektový manažer
- Projektový tým

#### 4.2.1 Manažer projektu

Projektový manažer je klíčovou osobou, pod níž se odehrává veškeré projektové dění od začátku tvorby projektového plánu přes obsazení jednotlivých projektových pozic, koordinaci úkolů a předání projektu zákazníkovi. Je to osoba odpovědná za splnění cílů projektu. [11]

#### 4.2.2 Projektový tým

Projektový tým je uskupení osob do pracovního týmu s pověřením realizovat práci s přesně definovaným zadáním s platností po dobu existence projektu. V jednotlivých pozicích je zastoupena např. kvalita, technolog nebo procesní inženýr, logistik, nákupčí atd. [11]

### 4.3 Životní cyklus projektu a fáze projektu

Projekt má charakter procesu a v době své existence se vyvíjí a nachází se v různých fázích, které nazýváme životním cyklem projektu. Základní rozdělení je popsáno v následujících podkapitolách. Počet jednotlivých fází projektu je dán typem, rozsahem a potřebám projektu. [11]

#### 4.3.1 Konceptuální návrh

Konceptuální návrh je první etapou projektu. V této fázi hodnotíme přínos a dopady realizace projektu a odhadujeme náklady a čas potřebný k realizaci. V rámci tohoto návrhu je jeden z nejdůležitějších kroků tzv. studie proveditelnosti, která se skládá ze třech částí [11], [12]:

- *Technologické* – přezkoumává, jestli existuje technologie, s níž je možné dosáhnout požadovaného výsledku
- *Finanční* – zkoumá, zdali má podnik potřebné zdroje pro samotnou realizaci projektu
- *Operační* – zabývá se praktickou stránkou projektu, jako je například proškolení operátorů

Studie proveditelnosti je jednou ze zásadních částí návrhu. V případě zjištění, že není možné daný projekt uskutečnit, nedojde tak k bezdůvodnému vynaložení finančních prostředků, které mohou být použity na jiný, vhodnější projekt. [11]



#### 4.3.2 **Produkce**

V této fázi dochází k realizaci neboli pořízení projektu. Zahrnuje kontrolu postupu a rozpočtu podle časového plánu, tvorbu dokumentace, kontrolu kvality a testování. [11]

#### 4.3.3 **Operační období**

Jedná se o operační období, kdy je projekt integrován do stávajících organizačních systémů společnosti. Hodnotí se technologické, sociální a ekonomické dopady realizovaného projektu. Je zpětnou vazbou pro plánování dalších projektů. [11]

#### 4.3.4 **Ukončení projektu**

Zahrnuje nejen dokončení projektu jako činnosti, ale také doprovodných akcí, jako například všechna dokumentace, jež se s projektem spojuje. Převedení strojů a pracovníků na jiné projekty. [11]

## 5 ROBOTIZACE

Vědní oblast robotů a robotiky je v našich podmínkách neobvyklým jevem. Je totiž zajímavé, že na rozdíl od kybernetiky, byl rozvoj zejména průmyslových robotů v bývalém Československu oficiálně podporován poměrně časně po jejím rozšíření ve světě. Již v roce 1961 byl poprvé v USA aplikován u tvářecího stroje průmyslový robot s označením VERSATRAN 500, který jako první zařízení svého druhu zastával funkci člověka u výrobního stroje. Až o 10 let později, tedy počátkem 70. let 20. století doznal svého uplatnění další americký průmyslový robot UNIMATE vyvinutý rovněž v 60. letech minulého století. Uvážíme-li toto, pak je zřejmé, že rozvoj robotiky v bývalém Československu, byl podchycen právě v čas, díky obrovskému zájmu našich techniků a podniků o tuto problematiku a to již v druhé polovině 70. let. V té době to nebyl jen státem podporovaný výzkum a vývoj průmyslových robotů soustředěný do VUKOVu Prešov (průmyslové roboty PR-4P, PR-32E, APR-40 atd.). V té době se zapojily i významné podniky, jako ČZM Strakonice se svými roboty PROB-20, PROB-05, ZŽS Martin s robotem OJ-10. Náš vůbec první československý průmyslový robot QJN-020 byl v té době vyvinut ve spolupráci VUSTE Praha a VÚTS Brno. Díky nešťastné privatizaci našeho průmyslu v 90. letech 20. století, došlo k poklesu zájmu o jakoukoliv jeho mechanizaci, automatizaci a robotizaci. V té době byla likvidována i funkční robotizovaná pracoviště. Zahraniční výrobci robotů mezitím ovládli nejen světový, ale i náš trh. Jedná se o výrobce jako KUKA, ABB, FANUC nebo UNIMATE. [6]

### 5.1 Definice pojmů u robotiky

V rámci studia robotiky se často hledá vhodnější definice jak pro manipulátor, průmyslový robot, tak i samotného robota. Průmyslové roboty a manipulátory (PRaM) přinesly do výrobních systémů společně s NC (Numerical Control) a CNC (Computer Numerical Control) výrobními stroji, automatizovanou dopravou, sklady a systémy automatizace předvýrobních etap, tj. systémy CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) zcela novou kvalitu a staly se základem flexibilních automatických výrobních a montážních linek a nezbytným prvkem nejmodernějších produkčních systémů CIM (Computer Integrated Manufacturing). [6]

### 5.1.1 Manipulátor

Manipulátor byl historicky dříve než robot využíván k manipulačním účelům ve strojírenské výrobě jako zařízení bez řídicího systému. Jde o zařízení s nulovou úrovní inteligence pracující obvykle v cyklickém režimu. Cyklický režim znamená, že manipulátor pracuje v pravidelně se opakujícím, periodickém a kruhovém režimu. [6]

### 5.1.2 Robot

Robot je automatický nebo počítačem řízený systém, schopný autonomní práce podle instrukcí člověka. Toto vzájemné působení spočívá ve vnímání a rozpoznávání prostředí, v manipulování s předměty, popř. v pohybování se v daném prostředí. [6]

### 5.1.3 Průmyslový robot

Průmyslový robot je autonomně fungující strojní automat, který je určen k provádění některých pohybových funkcí za člověka při provádění podpůrných a základních výrobních operací bez účasti člověka a který je k tomuto účelu opatřen některými jeho způsobilostmi (pamětí, hmatem, zrakem, sluchem, apd.) Současné průmyslové roboty mají běžně 6 stupňů volnosti, z nichž každý může být buď rotační nebo posuvný. Rotace a posuv mají volbu 3 os (x, y, z), které mohou být za sebou libovolně seřazeny. [6]

### 5.1.4 Rozdělení robotických systémů

Manipulační zařízení typu robotů mohou být rozděleny podle různých kritérií – počtu stupňů volnosti, kinematické struktury, použitých pohonů a geometrie pracovního prostoru. Historicky první rozdělení byla postavena na vývoji definice robotu, která se zpočátku zaměřila na rozdílnosti manipulátorů a robotů z hlediska řízení a programování. [23]

### 5.1.5 Rozdělení dle definice robotů

- *Manipulátor* – jednoúčelový manipulátor, manipulátor s pevným programem
- *Synchronní manipulátor*

- *Robot* – manipulátor s pružným programem
- *Adaptivní robot* – robot reagující na změny pracovního prostředí
- *Kognitivní robot* – robot s určitým množstvím umělé inteligence
- *Průmyslový robot* – určen pro výrobu různých produktů
- *Servisní robot* – používán při obslužných činnostech, například humánních (zdravotnictví, domácí práce), v průmyslu nebo v službách (stavebnictví, údržba, hlídání objektů), charakteristická pro servisní roboty je jejich mobilita [23]

#### 5.1.6 Podle počtu stupňů volnosti robota

- *Univerzální robot* – se 6 stupni volnosti, jednoznačně vymezující v kartézském souřadném systému pozici a orientaci objektu manipulace
- *Redundantní robot* – s více než 6 stupni volnosti, využívající větší volnosti k obcházení překážek nebo k pohybu ve stísněném prostoru [23]

#### 5.1.7 Podle kinematické struktury

- *Sériový robot* – s otevřeným kinematickým řetězcem manipulátoru
- *Paralelní robot* – s uzavřeným kinematickým řetězcem manipulátoru
- *Hybridní robot* – kombinující oba typy řetězců (sériový a paralelní) [23]

#### 5.1.8 Podle druhu pohonů

- *Elektrické*
- *Hydraulické*
- *Pneumatické*

V současnosti početně jednoznačně převažují konstrukce PRaM s elektrickými pohony. PRaM znamená použití průmyslových robotů a manipulátorů. Pokud jsou požadovány vysoké nosnosti, používají se hydraulické pohony a pro vysoké rychlosti pneumatické pohony. [23]

### 5.1.9 Podle geometrie pracovního prostoru

- *Kartézská* – 3 posuvné pohyby, pracovní prostor je hranol, použití jako obsluha výrobních strojů
- *Cylindrická* – 1 rotační a 2 posuvné pohyby, pracovním prostorem je válcový prstavec, využití jako obsluha vstřikovacích strojů a strojů na tlakové lití
- *Sférická* – 2 rotační a 1 posuvný pohyb, pracovní prostor je kruhový, použití pro svařovací linky
- *Angulární* – 3 rotační osy, jsou v praxi nejpoužívanější, uplatnění nacházejí ve strojírenství i automobilovém průmyslu

## 5.2 Kolaborativní robot

Roboti mohou kolaborativně pracovat hned vedle zaměstnanců díky zabudovanému snímání síly, který automaticky zastavuje činnost robotů, když na své dráze zjistí překážku. Roboty je možno naprogramovat tak, aby pracovali v redukovaném režimu, pokud do pracovní zóny vstoupí osoba. Robotické rameno lze použít v podstatě na cokoli od lepení a montáže až po odběr a ukládání nebo balení. Je řešením pro přesnost, rychlost, optimalizaci nebo ergonomii výrobního procesu. Lze jej použít na jakoukoliv činnost, dle potřeby výroby. Stačí jej jenom přemístit, upravit mu např. úchopovou část o jiný požadovaný HW a spustit jiný program. [21]



Obr. 11. Kolaborativní robot [21]

## 6 PRINCIP MASÁŽNÍ JEDNOTKY V PNEUMATICKÉM SYSTÉMU SEDADLA

Masážní jednotka v kombinaci s řídicí jednotkou je umístěna v sedadle automobilu a má za úkol zvýšit komfort cestujících. To znamená, že cestující mají možnost využít masážní část na opěradle, která je vybavena vlastními vzduchovými komorami s různými nastaveními programů pro udržení neustále stimulovaných zádočných svalů při jízdě, ať už se jedná o řidiče či spolucestující v osobním autě. Jednotlivé vzduchové články v sedadle jsou nafouknuty a vypouštěny přes ventily. Tlakové senzory detekují bez přestání úroveň huštění, čímž umožňují paměťové a řídicí funkce, které jsou potřebné pro automatickou kompenzaci kolísání vnějšího tlaku, například při jízdě nahoru a dolů. Klíčovým prvkem pneumatického systému sedadla je řídicí jednotka, která je zodpovědná za řízení celého systému a jeho funkcí. Ve srovnání s elektromechanickými systémy fungují systémy pneumatických sedadel tišeji a váží podstatně méně, umožňují zaručenější přizpůsobení se tvaru těla a odolávají většímu mechanickému namáhání. [22]



Obr. 12. Masážní jednotka v pneumatickém systému sedadla [22]

## **7 SHRNU TÍ TEORETICKÉ ČÁSTI A CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI PRÁCE**

V teoretické části práce jsem se zabýval popisem základních pojmů týkajících se štihlé výroby a štíhlého podniku, ergonomie, metod měření času, projektového řízení a robotiky. Závěrem teoretické části je popis funkce masážní jednotky v pneumatickém systému sedadla.

Cílem praktické části je optimalizace stávající výrobní buňky pro nový projekt masážní jednotku v automobilu a její rozšíření z důvodu navýšení objemu. Zhodnotím současný stav výrobní buňky a navrhu optimalizované řešení technologického postupu. Provedu srovnání stavu před a po úpravě a vyhodnotím ekonomický přínos navrženého řešení.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**



## **8 NÁVRH OPTIMALIZACE STÁVAJÍCÍ VÝROBNÍ BUŇKY PRO NOVOU MASÁŽNÍ JEDNOTKU MB STA3 BR223 14MSG**

Cílem praktické části této diplomové práce je optimalizovat stávající výrobní buňku pro nový projekt masážní jednotku v automobilu a její rozšíření z důvodu navýšení objemu. V diplomové práci jsem ponechal anglické pojmy, neboť jsou v podniku používány prioritně. V práci také uvádím jejich ekvivalenty a význam. V praktické části zhodnotím současný stav výrobní buňky a navrhu optimalizované řešení technologického postupu. Provedu analýzu objemu produkce, sestavím kusovník, výrobní postup a definuji jednotlivé pracovní operace. Popíši stávající a nová zařízení. Vytvořím layout pracoviště a schéma činnosti pro jednotlivé operátory a kolaborativního robota, včetně ergonomického posouzení. Provedu srovnání stavu před a po optimalizaci výrobní buňky. Závěrem vyhodnotím ekonomický přínos navrženého řešení.

### **8.1 Současný stav**

Stávající buňkové pracoviště je rozděleno na několik výrobních technologií, které jsou obsluhované člověkem neboli operátorem. Každá technologická operace vyjma selektivního pájení a montáže krabičky je hlídána interlockingem a traceability. Interlocking hlídá, že výrobek byl na předchozí operaci a je OK, v případě NOK výsledku na předchozí operaci je výrobek dále nesmontovatelný a netestovatelný. Traceability má za úkol zapsat do databáze PDB informaci o provedení či neprovedení operace s OK/NOK výsledkem pro další zpracování. Každý výrobek má na desce plošných spojů a později po spárování s výrobkovou etiketou DMX kód s jedinečným sériovým číslem sloužící pro jeho načtení a zápisu do databáze PDB. V PDB databázi se po každé provedené operaci nachází informace o stavu výrobku. Kdykoliv po načtení DMX kódu z výrobku je známa veškerá informace s datem a časem. Primárním vstupem pro PDB je nastavení klíčů u jednotlivých operací v pracovním postupu v SAP. V následujících podkapitolách se budu věnovat popisu jednotlivých stávajících zařízení.

### 8.1.1 Předmontáž

Předmontáž je zařízení PRODEL s montáží vstupních komponent do poka-yoke lože, které je umístěno na vozíku. Počet vozíků a jejich loží je celkem pět. Vozík je veden pomocí pásů, které se pohybují, a jsou umístěny pod vozíkem po stranách. Operátor osadí do lože komponenty (14 ventilků a vzduchový konektor). Po osazení pouhým dotykem ruky na spínač, dojde k automatické kontrole přítomnosti všech osazených komponent a odeslání vozíku na další automatickou operaci lisování sestavy ventilků a air konektoru s následným leak testem (test těsnosti). Vozík se vrací zpět na ruční operaci šroubování, kdy operátor po načtení DMX z DPS (desky plošných spojů) ji založí na sestavu ventilků. Uzavře kryt lože a provede zašroubování dvou šroubů pomocí zavěšeného ručního šroubováku. Po odebrání zašroubované sestavy předá operátor výrobek na další zařízení selektivní pájení. Prázdný vozík po očištění tlakem vzduchu s odsátím případných nečistot do vysavače v uzavřené automatické stanici KIST přijede zpět na vstupní stanici a proces se znovu opakuje.



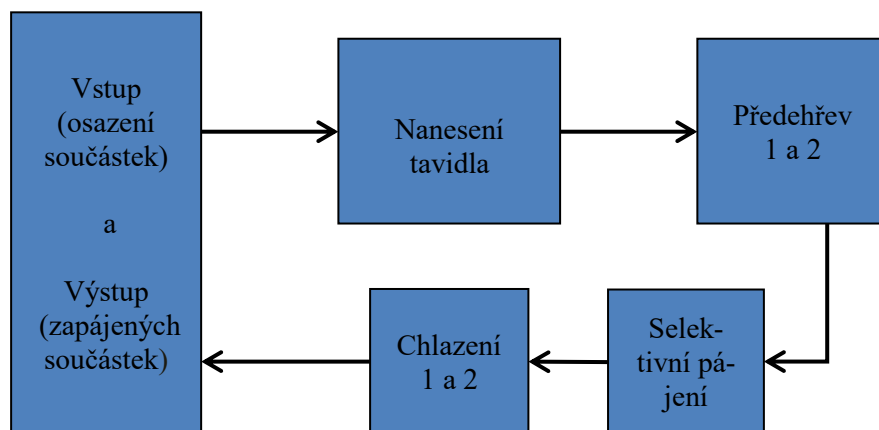
Obr. 13. Předmontáž

### 8.1.2 Ruční osazování a selektivní pájení

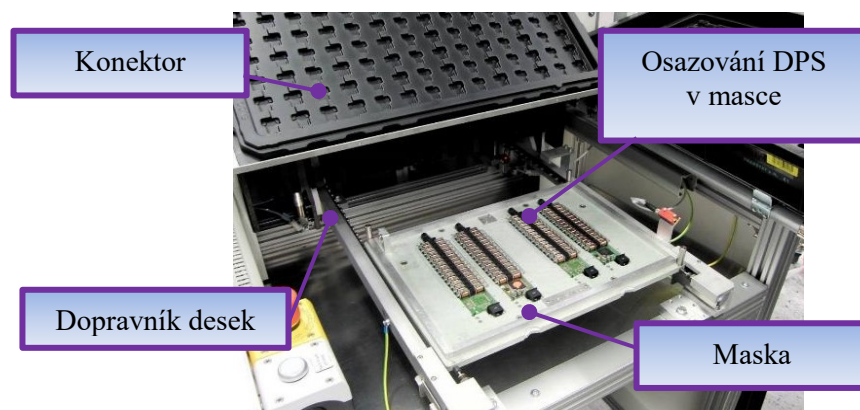
Selektivní pájení (Selective soldering) je způsob pájení součástek k desce (DPS) plošných spojů. Základem pájecího zařízení je dopravník desek (osazené desky plošných spojů tzv. DPS, uložené v pájecí masce na dopravníku), který posunuje DPS mezi jednotlivými stanicemi stroje. Na první stanici obsluha dává desky s osazenými součástkami do dopravníku stranou součástek nahoru. Součástky jsou, z obou stran DPS, tzv. TOP (horní

strana desky plošných spojů) a BOT (spodní strana desky plošných spojů) strany. Pájené spoje (pájecí strana - obvykle BOT strana) se nachází na opačné straně směrem dolů. Na druhé stanici je na pájecí stranu nanášeno automaticky tavidlo (flux). Nanáší se tenká vrstva tryskou pouze na oblasti, kde později dojde ke kontaktu s tekutou pájkou do prostoru budoucího pájení. Tavidlo je kapalná (izopropylalkohol) chemická látka, která odstraňuje z pájených ploch oxidy a nečistoty a podílí se v zabránění jejich dodatečné oxidaci. Po nanesení tavidla dopravuje dopravník DPS na přehřívací zónu přehřevu 1 a přehřevu 2. Přehřívání má za úkol odpařit kapalnou část tavidla a pomáhá urychlit proces pájení a zabránit tepelnému šoku. Gradient ohřevu musí být  $<$  nebo  $= 3\text{K/s}$ . Provádí se průchodem a zastavením dopravníku desek po vymezenou dobu nad sestavou infračervených lamp přehřevu 1 a 2. Teplotní profil procesu pájení (součástí je přehřev) musí splňovat specifikaci výrobce tavidla a dále musí vyhovovat interním technickým standardům výrobce v našem případě Continental. Technické standardy vychází ze základních norem IPC (IPC-A-610 je celosvětově nejpoužívanější standard pro montáž elektronických sestav). Hlavním krokem je samotný proces pájení THT komponent (drátové součástky, např. konektory, vzduchové ventilky, apod.) selektivní vlnou, kdy je maska s výrobky odebrána automaticky z dopravníku a přenesena nad pájecí trysky (product specific multinozzle soldering tool), ve kterých je pájecí slitina udržována na definované výšce. Dále proces probíhá dle nastavených pájecích parametrů. Pájecí maska sjede směrem dolů k pájecímu nástroji do vymezené výšky. Dojde ke kontaktu roztavené pájecí slitiny s DPS a to pouze v předem definovaných oblastech pájení. V důsledku kapilárních sil dojde k na vzlínání pájky do prokovaných otvorů, do kterých byly předem vloženy vývody THT komponent. Důležitou podmínkou dokonalého pájeného spoje je vytvoření intermetalické vrstvy spojovaných materiálů. Dosažení kvalitního pájeného spoje je podmíněno pájením v dusíkové ( $\text{N}_2$ ) inertní atmosféře. Po zapájení je maska s výrobky odebrána a automaticky položena zpět na dopravník. Výpary vzniklé z procesu pájení jsou ze zařízení odvedeny pevně napojeným odsávacím zařízením. Dopravník dále přesune masku s výrobky do prostoru chlazení. Chlazení se skládá ze dvou sekcí a z určitého počtu ventilátorů v každé z nich. Ventilátory nasávají okolní chladnější vzduch, který je následně směřován na výrobek, čímž dochází k ochlazení výrobku na teplotu blízkou okolí. Účelem chlazení je ochladit výrobek na požadovanou teplotu před další pracovní operací na ICT (Incircuit Test System – obvodový kruhový test) po AOI (automatická optická inspekce po pájení). Z důvodu tepelného stresu citlivých elektronických součástek musí být tepelný gradient chlazení  $<$  nebo  $= 6\text{K/s}$ .

V našem případě je požadované ochlazení na 25°C. Aby nedocházelo k přesunutí teplejšího vzduchu z pájecí části do prostoru chlazení, je tento prostor oddělen přepážkou. Následně se dopravník desek vrací zpět na výstup / vstup, kde je výrobek z něj odebrán pracovníkem výroby k dalšímu zpracování na technologii AOI. Pro lepší orientaci je blokové schéma pájecího zařízení popsáno níže na obr. 14. [24]



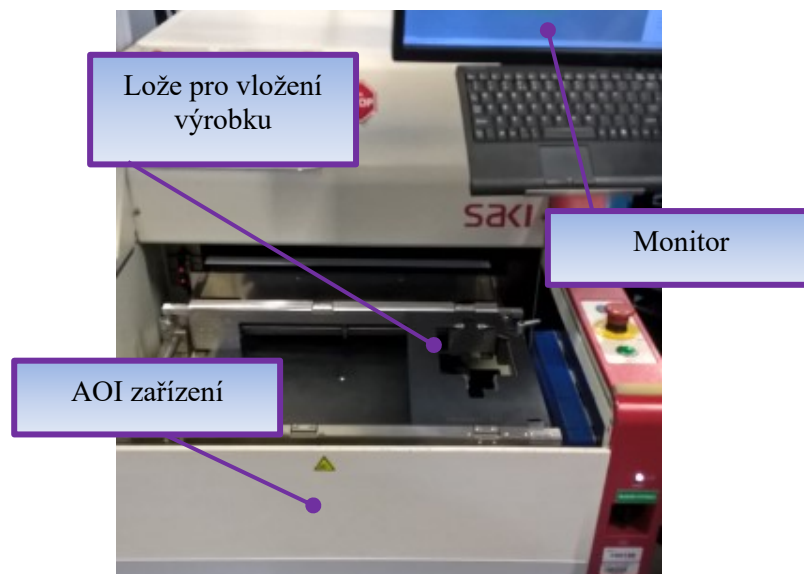
Obr. 14. Blokové schéma pájecího zařízení [24]



Obr. 15. Ruční osazování a selektivní pájení

### 8.1.3 Proces AOI

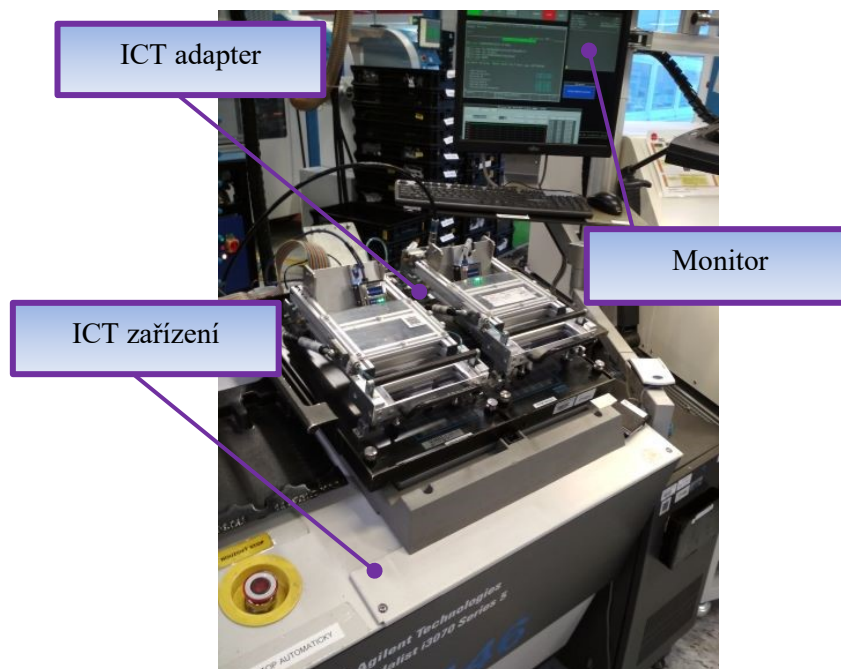
AOI je automatická optická inspekce po procesu selektivního pájení, na které se kontrolují nejen pájecí body na drátových součástkách, ale i pájení nebo přítomnost SMD komponent a poloha/přítomnost hlavičky šroubu na desce plošných spojů. Optická inspekce je prováděna kamerou a vyhodnocení měřícím počítačem. Po ukončení měření s vyhodnocením dobrého výrobku se na obrazovce objeví zelený nápis „Dobry“. Špatný kus je vyobrazen červeně s názvem „Špatny“, na monitoru AOI je vyznačena červeně poloha nalezené chyby. Zařízení je postaveno jako automatický adaptér. Výrobek je vložen do přípravku (lože) ručně a po stlačení tlačítka start dojde k automatickému zasunutí přípravku dovnitř zařízení a spuštění měřícího / kontrolního procesu. Po vyhodnocení OK/NOK výrobku se přípravek s měřeným výrobkem vrátí zpět do výchozí polohy. Proces je hlídán optickou závorou umístěnou nad přípravkem, v případě vložení ruky do přípravku po spuštění automatické kontroly dojde k přerušení optické závory a okamžitému zastavení stroje. Celé zařízení se skládá z adaptéru, stolu a měřícího počítače.



Obr. 16. AOI

#### 8.1.4 Proces ICT

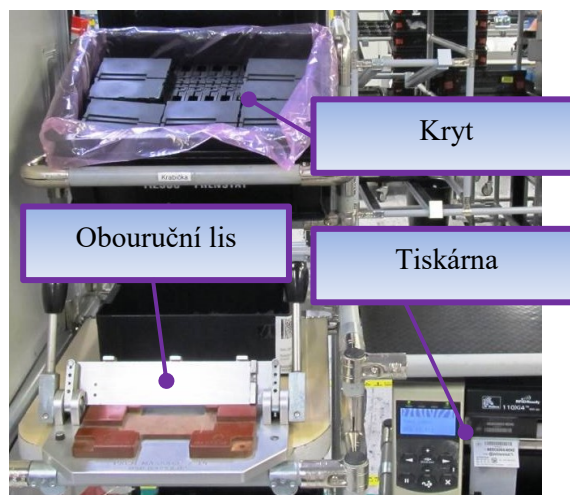
ICT (Incircuit Test System – obvodový kruhový test) je měřicí systém pro kontrolu správného osazení DPS pomocí na kontaktování testovacích bodů soustavou jehel umístěných v adapteru ICT. Po provedení kontroly dochází k následnému nahrání softwarového vybavení do osazené DPS. Pomocí obrazovky operátor jednoznačně identifikuje výsledek měření (dobrý – špatný). V levé části stroje se nachází tiskárna, která vytiskne záznam případné chyby pro přiložení záznamu ke špatnému výrobku k další identifikaci na analýze oprav.



Obr. 17. ICT

### 8.1.5 Montáž krytu

Jedná se o ruční obouruční lis sloužící pro zakrabičkování výrobku s předchozí operace do krytu. Tento ruční nástroj je navržen tak, aby síla vyvinutá na páku nástroje byla dostatečná pro zalisování výrobku a také přijatelná pro operátora. Výhodou lisu je jeho snadná obsluha a bezporuchovost.

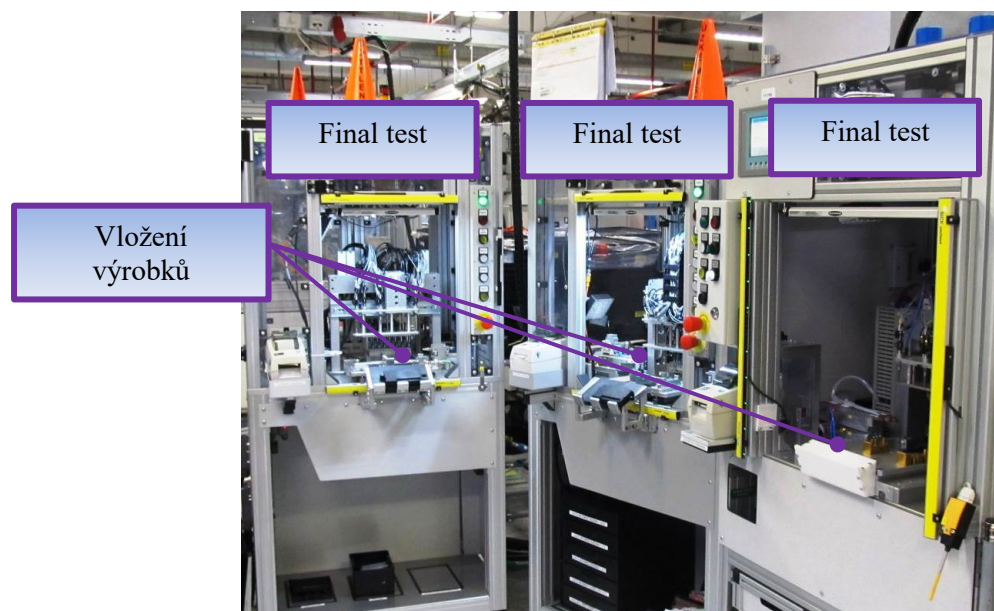


*Obr. 18. Montáž krytu*



### 8.1.6 Final test (konečná zkouška)

Final test, neboli konečná zkouška, označována jako FT je testovací zařízení, které otestuje funkci výrobku pomocí simulace prostředí, ve kterém má daný výrobek v automobilu fungovat. Testy jsou elektrické a mechanické dle testovacího programu určeného vývojem na základě parametru a požadavku zákazníka. Final testy jsou tři jednopozicové zařízení. Ruční činnost vkládání a odebírání výrobků do a z lože final testu provádí operátor. Testování výrobku je prováděno automaticky strojem. Po vyhodnocení OK/NOK výrobku se posuvné lože s měřeným výrobkem vrátí zpět do výchozí polohy. NOK kus zůstane ve vkládacím posuvném loži, rozsvítí se červená kontrolka a zároveň z tiskárny chybových štítků vyjede chybová samolepící etiketa, kterou operátor nalepí na NOK kus po jeho odebrání z FT. Kus odloží do červené bedny pro neshodné výrobky k další analýze. OK kus sjede dále do odebíracího lože, rozsvítí se zelená kontrolka, kus odebere operátor na další operaci balení. Proces je hlídán optickou závorou umístěnou po a nad vkládacím otvorem stroje, v případě vložení ruky do přípravku po spuštění automatické kontroly dojde k přerušení optické závory a okamžitému přerušení pohybu a testování stroje.

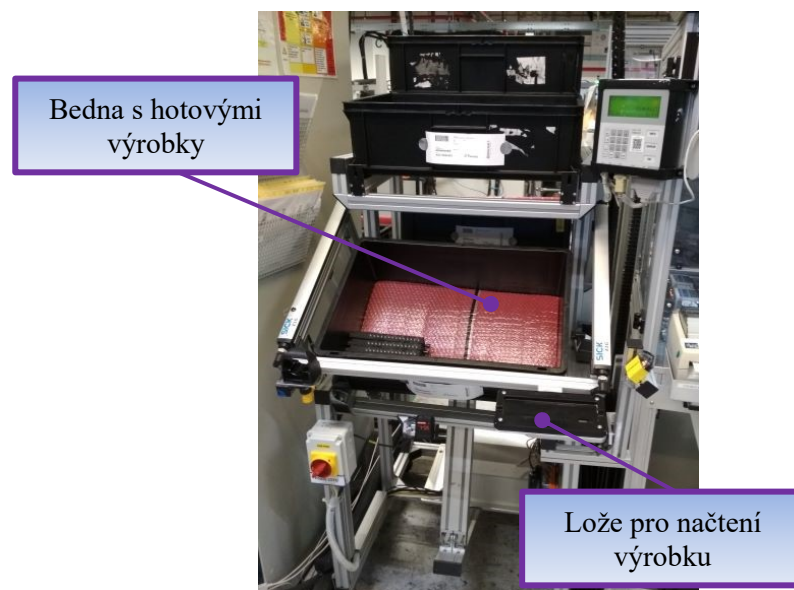


Obr. 19. Final test



### 8.1.7 Optická brána – balení hotové produkce

Toto zařízení slouží k zabalení vyrobených a otestovaných výrobků pro finálního zákazníka. Je standardním vybavením každé výrobní buňky. Samotná konstrukce brány je sestavená tak, aby držela bednu s výrobky v určitém náklonu k operátorovi a po ukončení balení mohl operátor pomocí nožního pedálu poslat automaticky bednu s výrobky po skluzu dále k dalšímu zpracování. Jak funguje balení kusu? Operátor založí výrobek z operace final test do baličího lože, vpravo před bránou, na kterém dojde k načtení etikety scannerem. Po celou dobu balení drží operátor prst levé ruky na levém dotykovém senzoru. Jakmile je výrobek naskenován, je možné jej skrze optickou závoru umístit pravou rukou do bedny. Jakákoliv jiná činnost způsobí zablokování brány a špatné kusy není možno zabalit. Proces je dále hlídán optickou závorou umístěnou po stranách vkládacího otvoru baličí brány. V případě vložení ruky do bedny jindy než po načtení kusu během balení celé bedny dojde k přerušení optické závoru a okamžitému přerušení balení. Počet kusů je hlídán dle baličí etikety umístěné u dalšího scanneru na přední části bedny. Samotné balení je popsáno v příslušném pracovním návodu balení dle schváleného konceptu se zákazníkem.

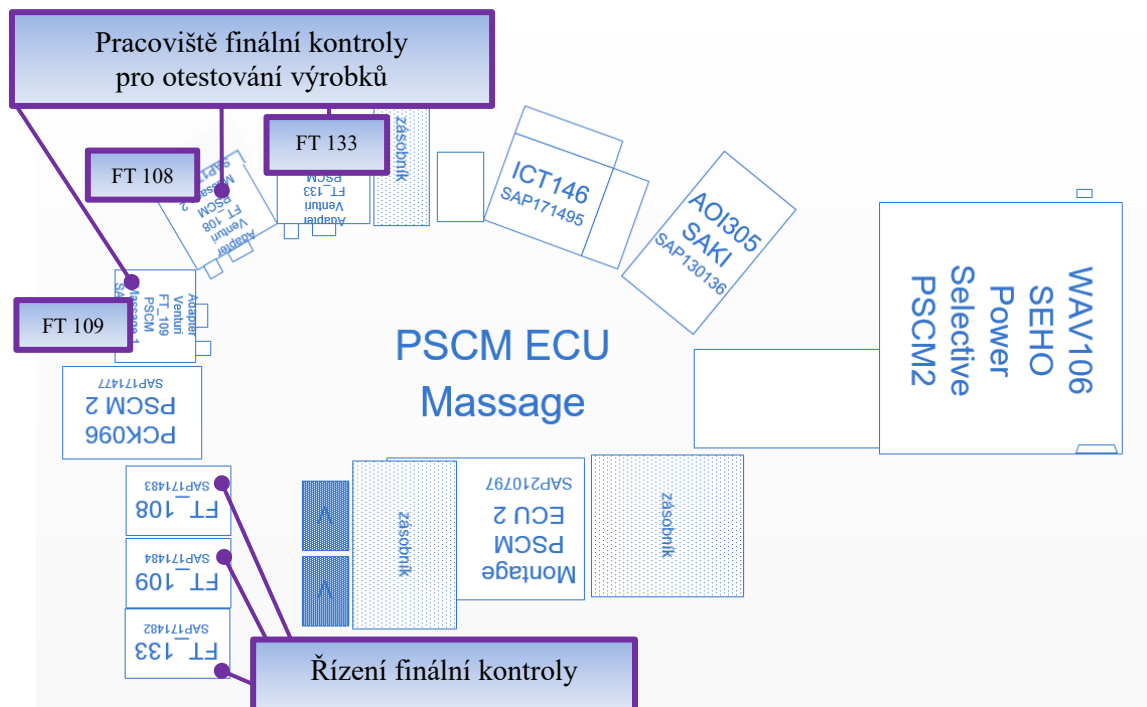


Obr. 20. Optická brána

## 8.2 LAYOUT STÁVAJÍCÍ VÝROBNÍ BUŇKY

Layout pracoviště, čili rozmístění pracoviště, je nutnou součástí každého podniku. Má zohledňovat požadavky výrobního a materiálového toku a v neposlední řadě i ergonomie.

Celková plocha, kterou výrobní buňka zabírá, je přibližně 60 metrů čtverečních. Rozmístění výrobních zařízení a zásobníků materiálů byl navrhován pro sériovou výrobu.



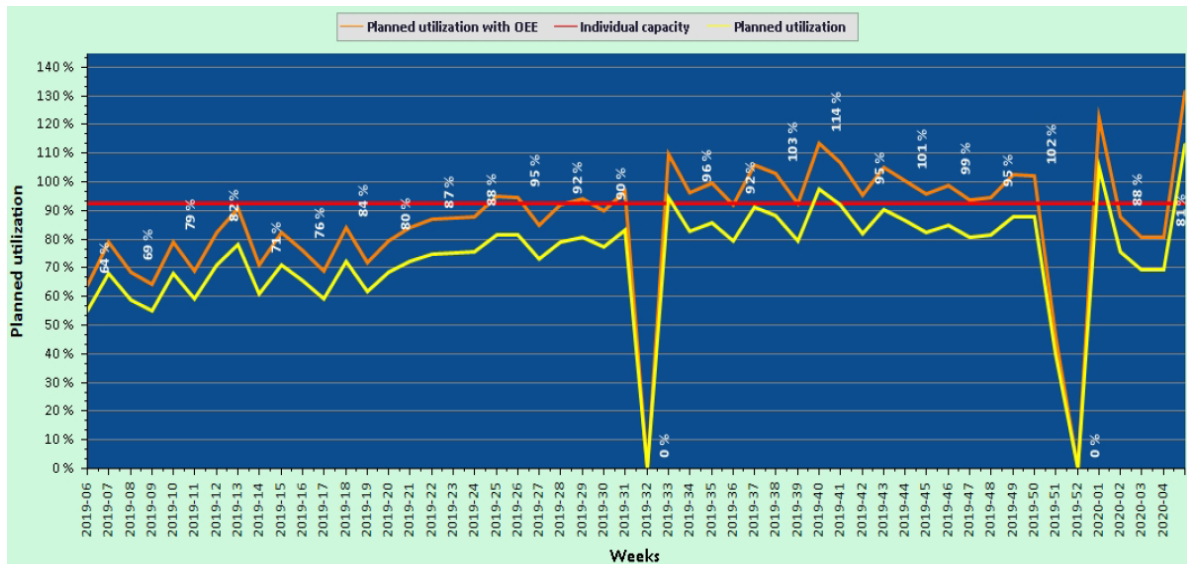
Obr. 21. Rozmístění stávající výrobní buňky – layout [25]

### 8.3 ANALÝZA KAPACITY STÁVAJÍCÍ VÝROBNÍ BUŇKY

Pro analýzu aktuálního stavu kapacity stávající buňky je možno využít tzv. kapacitní krychli. Jedná se o nástroj, který pracuje s logistickými daty s APR, tedy plánem výroby na následujících 52 týdnů. Tento plán je pravidelně aktualizován na týdenní bázi. Do kapacitní krychle vstupují informace o výrobním taktu každého výrobku v min/100 ks, který dohledává v systému SAP, fond pracovní doby 610 min/12-ti hod. směna, počet týdnů za rok (52) a s celkovým využitím zařízení OEE, které je nastaveno na 86%.

Fond pracovní doby je stanoven na čtyřsměnný nepřetržitý provoz, kdy směna má 12 hodin, což je 720 minut. Z této doby musíme odečíst tři desetiminutové přestávky po každých 2 hodinách práce a dvě půlhodinové přestávky po každých 4 hodinách práce. K tomu ještě odečteme čas potřebný na rozjezd strojního zařízení na začátku směny a ukončení činnosti na konci směny, což je dvakrát 10 minut. Odečteme-li ze 720 minut základního fondu veškeré přestávky s časem 110 minut, dostáváme celkový čas za jednu 12 hodinovou směnu

610 minut. Celkové využití zařízení OEE, které je nastaveno na 86% zohledňuje fakt, že ne všechny stroje fungují po celou dobu stoprocentně a že výroba nedosahuje pokaždé stoprocentního výkonu. Během dne dochází k určitým poklesům ve výkonu operátora. Po zadání dat do kapacitní krychle jsou pro výrobní buňku známa následující data:



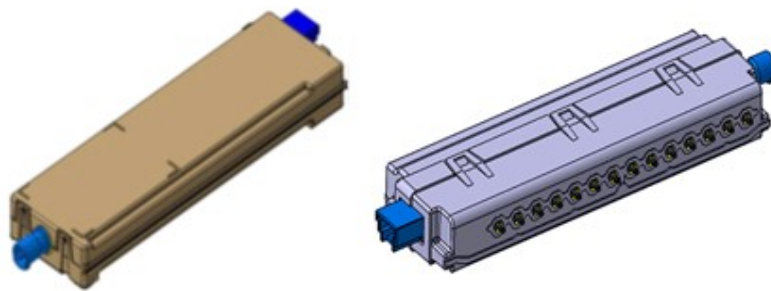
Obr. 22. Kapacitní krychle masážní výrobní buňky [25]

Na ose X jsou znázorněny jednotlivé týdny v roce a na ose Y je znázorněno procentuální vytížení buňky. Plná červená čára v grafu vyznačuje individuální hranici vytížení 92%. Žlutá čára znázorňuje vytížení buňky v týdnech, přičemž oranžová čára znázorňuje vytížení v týdnech s 80% OEE, které již zohledňuje údržbu, nečekané prostoje a poruchy na pracovišti. Ve 32. a 52. týdnu roku vidíme znatelný pokles, ten je způsoben celozávodní dovolenou. Z grafu vyplývá, že stávající kapacita výrobní buňky s výhledem do 4/2020 je nedostačující a již nevyhovuje. Z tohoto důvodu je potřeba provést optimalizaci výrobní buňky s ohledem na potřebu zavedení nového projektu a navýšení objemu produkce.

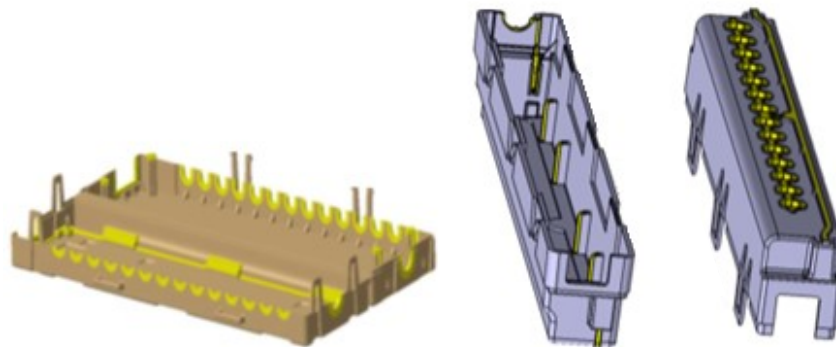
## 8.4 PŘEDSTAVENÍ NOVÉ MASÁŽE

Nová masážní jednotka je podobná stávající masážní jednotce viz. obr. 23. Rozdíl je ve velikosti výrobku viz. obr. 24. Základní rozměr nové masáže je 201,7 x 56 x 24,6 mm. Úkolem masážní jednotky je zvýšit komfort cestujících stimulováním zádových svalů při jízdě, ať už se jedná o řidiče či spolucestující v osobním autě. To znamená, že cestující mají

možnost využít masážní část na opěradle, která je vybavena vlastními vzduchovými komorami s různými nastaveními programů pro udržení neustále stimulovaných zádových svalů při jízdě. Jednotlivé vzduchové články v sedadle jsou nafouknuty a vypouštěny přes ventily. Tlakové senzory detekují bez přestání úroveň huštění, čímž umožňují paměťové a řídicí funkce, které jsou potřebné pro automatickou kompenzaci kolísání vnějšího tlaku, například při jízdě nahoru a dolů.



Obr. 23. Rozdíl mezi stávající masáží vlevo a novou masáží vpravo [25]



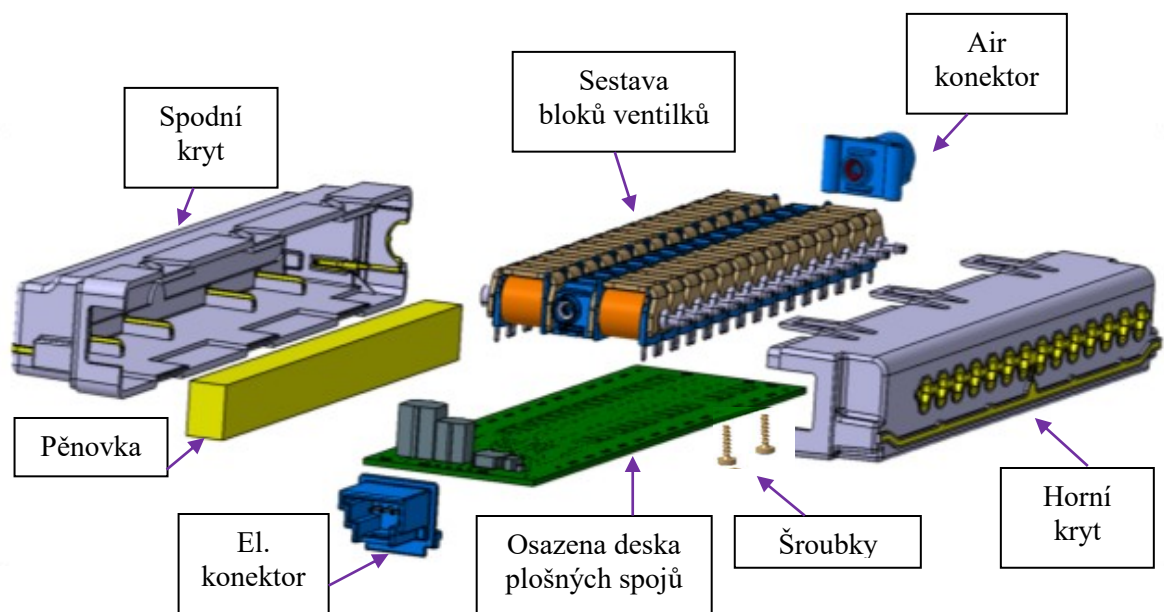
Obr. 24. Rozdíl v krytu mezi stávající masáží vlevo a novou masáží vpravo [25]

#### 8.4.1 Kusovník výrobku

Nová masáž MB STA3 BR223 14MSG se skládá z 8 vstupních komponent. Každá z komponent, kromě šroubků a ventilků je zastoupena v rozpadu výrobku v množství 1 ks. Šroubky jsou po 2 kusech, ventilků s kuličkou 1ks a ventilků bez kuličky 13ks. Podrobnější rozpad kusovníku a vizualizace nové masáže je vidět níže.

Tab. 2. Kusovník nové masáže

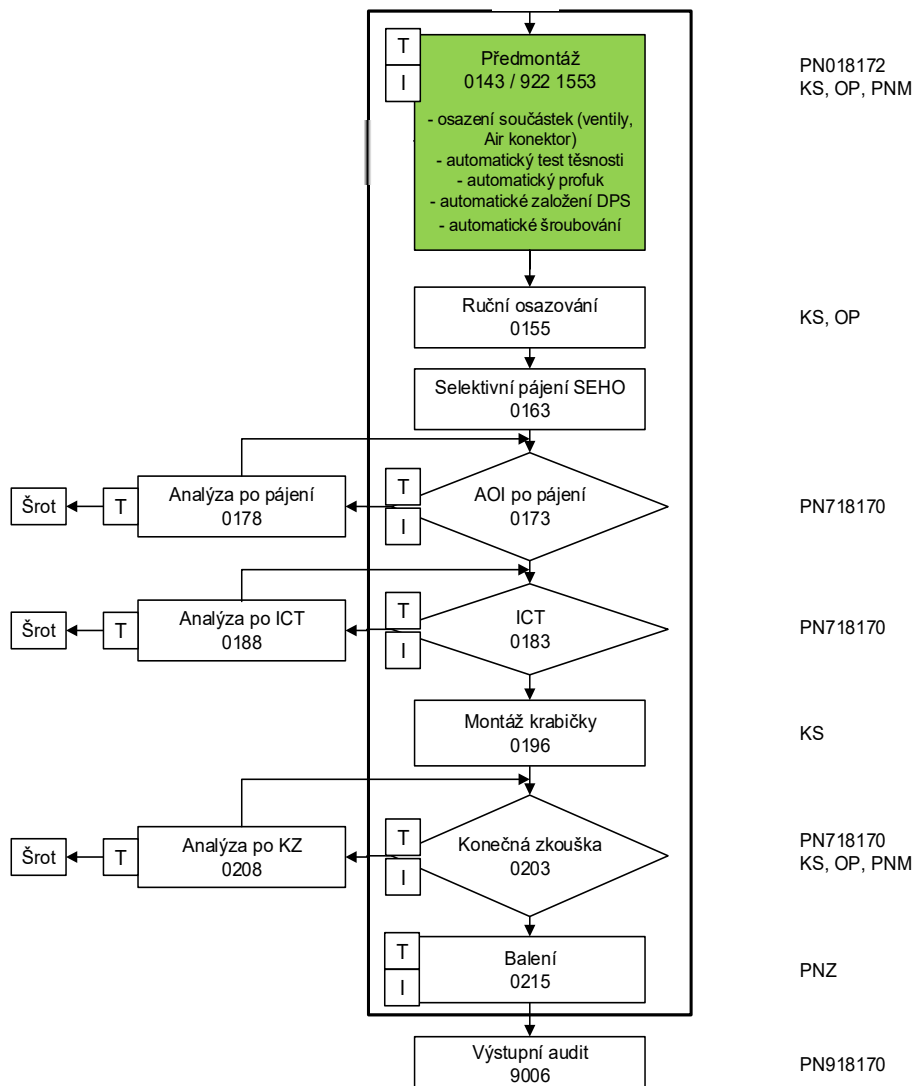
Název komponenty	Počet ks
DPS - Osazena deska plošných spojů	1
Horní kryt	1
Spodní kryt s osazenou pěnovkou	1
Elektrický konektor	1
Air (vzduchový) konektor	1
Ventilek s kuličkou	13
Ventilek bez kuličky	1
Šroubek	2



Obr. 25. Vizualizace kusovníku nové masáže [25]

### 8.4.2 Výrobní postup

Výrobní postup je v podstatě popis jednotlivých výrobních kroků vedoucích k vyrobení požadovaného výrobku od jeho začátku až po jeho konec. Ze zkušenosti z výroby podobného produktu můžu sestavit výrobní postup pro novou masáž viz. níže, který je totožný se stávající produkcí a lze jej vyrábět na podobných zařízeních. Číslování v jednotlivých blocích uvádí číslování pracovní operace v systému SAP v transakci pracovní postup. Popisu jednotlivých zařízení z výrobního postupu se věnuji v kapitole 8.1 (Stávající stav).



Obr. 26. Výrobní postup

U předmontáže již v novém výrobním postupu uvažují o automatickém osazování DPS a automatickém šroubování. Detailnější rozbor změn a prověření dostačujících kapacit stávajících zařízení provedu až po analýze objemu produkce pro navýšení výroby. Této analýze se věnuji v další kapitole 8.5. Výstupní audit je kontrola pracovníkem tzv. materiálovým dispečerem před samotným odesláním na hlavní sklad mimo výrobní buňku. Jedná se o nastavenou kontrolu dle frekvence a potřeb, které jsou definované a popsané pracovníkem kvality, jako je kontrola počtu výrobků v balení, správnost etikety, nepoškozenosti výrobku atd.

## 8.5 ANALÝZA OBJEMŮ PRODUKCE PRO NAVÝŠENÍ STÁVAJÍCÍ VÝROBY A NOVÝ PROJEKT

Analýza objemů produkce je pro zvýšení objemu stávající produkce masážních jednotek a zavedení nového produktu do výroby podstatným krokem. Objemy výroby kopírují tzv. životní cyklus výrobku, podle kterého objem produkce na začátku projektu narůstá, a v závěru klesá a předpokládá 4 základní fáze vývoje - konceptuální návrh, produkce, operační období, ukončení projektu.

### 8.5.1 Objem produkce a životní cyklus v jednotlivých rocích

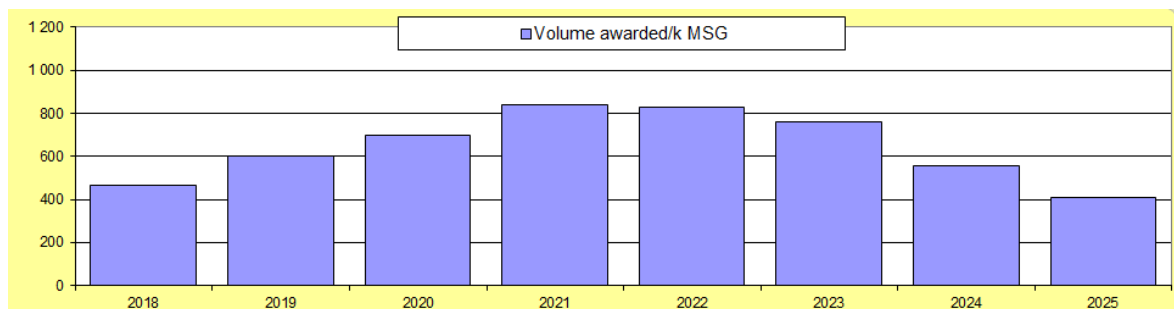
Při stanovení objemu produkce se vždy vychází z požadavku zákazníka. V tabulce níže jsou vidět požadované objemy stávající a nové produkce až do roku 2025, rozdělené po jednotlivých letech v tisících kusech.

Tab. 3. Objem produkce po jednotlivých rocích [25]

Rok	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Součet množství [t/r]	464	601	700	841	827	763	558	409
Součet množství s přírůžkou [t/r]	464	601	700	841	827	763	558	409

Životní cyklus je znázorněn v grafu na obr. 27 dle plánovaného objemu produkce stávajících a nových výrobků. Je zde vidět, jak objem produkce na začátku narůstá, a v závěru klesá.





Obr. 27. Životní cyklus [25]

V roce 2021 by měla produkce dosáhnout maxima 841 tisíc kusů za rok. Tento peak volume česky řečeno vrchol požadovaného množství je velmi důležitý. Od tohoto objemu se dále odvíjí optimalizace stávající výrobní buňky, jako výpočet výrobního taktu a kapacitního vytížení zařízení a potřeby určitého počtu operátorů. V množství není zahrnutý tzv. sprint - procentuální přírážka, se kterou vývojový tým nechtěl zatím počítat. Obvykle se jedná o 15% navíc, v našem případě je to 0%.

### 8.5.2 Výpočet plánované kapacity zařízení

Pro výpočet jsem použil standardní soubor pro kapacitní plánování v jednotlivých rocích. Vycházel jsem z reálných časů sériové produkce jednotlivých zařízení s nastaveným OEE 80%. Pro stanovení ročního objemu produkce jsem vycházel z požadovaného množství od zákazníka v jednotlivých letech viz. tab. 3. Standardně se v tomto závodě počítá s 48,7 týdny za rok a 137,3 hodinami za týden ( $610/60 \cdot 13,5$ ) ve čtyř směnném nepřetržitém provozu, kdy směna má 12 hodin viz kapitola 8.3.



Tab. 4. Výpočet plánované kapacity dle ročního množství [25]

Součet množství [t/r]		Součet množství s přírůžkou [t/r]		OEE [%]	Načítání času		Plánovaný výrobní čas	
841	0%	841	80%		48,7 [kw/r]	22,9 [s]		
<b>Využití zařízení</b>				<b>74%</b>	137,3 [h/kw]	38,2 [min/100]		
					6 684 [h/r]	157 [ks/h]		

2021	[t/r]		Efektivní výrobní čas	Název procesu	Montáž komponent	Test těsnosti	Aut. založení desky	Aut. šroubování	Selektivní pájení	AOI	ICT	Montáž krytu	FT	Optická brána
	Množství výrobků	Množství výrobků s přírůžkou												
				Počet zařízení/operátora	2	2	1	1	1	2	2	1	6	1
14 MSG v součtu	386	386	18,3	Výrobní čas na 1 zařízení/operátora	36,0	31,5	10,0	15,0	18,2	23,0	31,0	11,0	110,0	9,0
7 MSG v součtu	136	136	15,8		24,0	31,5	10,0	15,0	15,7	23,0	31,0	11,0	80,0	9,0
16 MSG v součtu	105	105	15,8		22,5	31,5	10,0	15,0	15,7	23,0	31,0	11,0	80,0	9,0
4 MSG v součtu	213	213	15,8		19,0	31,5	10,0	15,0	15,7	23,0	31,0	11,0	80,0	9,0
Součet	841	841	22,9	<b>Využití zařízení</b>	64%	61%	44%	65%	73%	50%	68%	48%	68%	39%

Nejvyšší využití za výrobní buňku což je 74% v roce 2021, při plánované výrobě 841 000 ks. Jde o součet využití jednotlivých výrobních produktu při taktu 22,9 sec/kus (výrobek) při 80% OEE. OEE (Overall Equipment Effectiveness), což je celková efektivnost zařízení v procentech, v jakém jsme schopni zařízení efektivně využívat. Výpočet je násobkem dostupnosti, výkonu a kvality. Stávající linka má OEE 86%. Pro výpočet jsem nastavil 80% OEE, protože je to standard při zavádění nových zařízení a zároveň zohledňuji fakt, že ne všechny stroje fungují po celou dobu stoprocentně a že výroba nedosahuje pokaždé stoprocentního výkonu. Během dne dochází k určitým poklesům ve výkonu operátora.

Výpočet nejvyššího využití za výrobní buňku, což je 74% v roce 2021, je počítáno jako součet využití jednotlivých výrobků.

Výpočet využití jednoho výrobku v %:

$$\text{Využití jednoho výrobku} = \frac{\text{Počet kusů} \cdot \text{výrobní takt za variantu}}{(48,7 \cdot 137,3 \cdot 80\% \cdot 3,6)} \quad (1)$$

Výpočet využití určitého zařízení v %:

$$\text{Využití zařízení} = \frac{\frac{(\text{součet času za zařízení v sec.} \cdot \text{součet počtu kusů})}{\text{počet zařízení}}}{(48,7 \cdot 137,3 \cdot 80\% \cdot 3,6)} \quad (2)$$

Výpočet plánovaného výrobního taktu v s /kus:

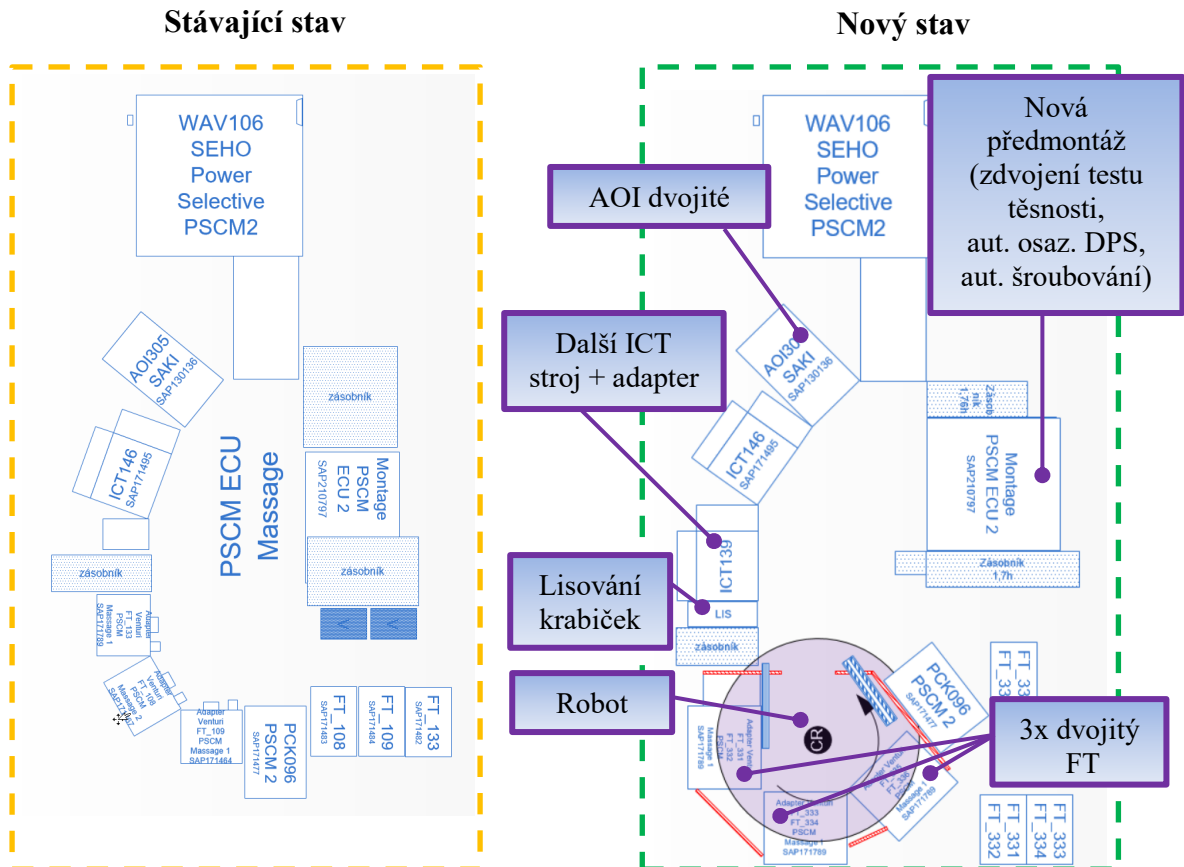
$$\text{Výrobní takt} = \frac{(48,7 \cdot 137,3 \cdot 3600 \cdot 80\%)}{\frac{841000}{1000}} \quad (3)$$

V závodě se dále pracuje v SAPu s výrobním taktém s/kus jako s časem v min/100ks. Což v našem případě je  $22,9/60 \cdot 100 = 38,2$  min/100ks. Víme, které zařízení je max. vytížené v největším množství požadované produkce v roce 2021 na 73%. Jedná se o selektivní pájení, rezerva činí 27% do plného využití. Dostupnost celkové výrobní linky při 80% OEE je 74%. Zde je taky rezerva pro zvýšení možné potřeby o 26%. Potenciál pro stanovení procentuální přírážky, tzv. sprint, je tedy 26%).

## 8.6 Plánovaný stav

Z tabulky č. 4 a kapacitní kostky je patrné, že potřeba rozšíření stávajících zařízení nebo jejich nahrazení novými v případě předmontáže, AOI a FT je nezbytná. Při plánování zohledníme zařízení jak pro stávající, tak novou masáž. Využijeme možnost zapojit kolaborativního robota do pracovních operací, které jsou velmi jednoduché a opakující se. Z předchozích kapitol víme, jak nový výrobek vypadá, známe jeho výrobní postup a můžeme jej vyrábět na stejných sdílených technologiích. Není potřeba stavět novou výrobní buňku pro novou masáž a stávající rozšiřovat pouze pro stávající masáž, ale vše vyrábět na

sdílených zařízeních v jedné výrobní buňce. Ušetříme další výrobní plochu, peníze a operátory. Na obrázku č. 28 vidíme porovnání stávajícího a nového stavu.



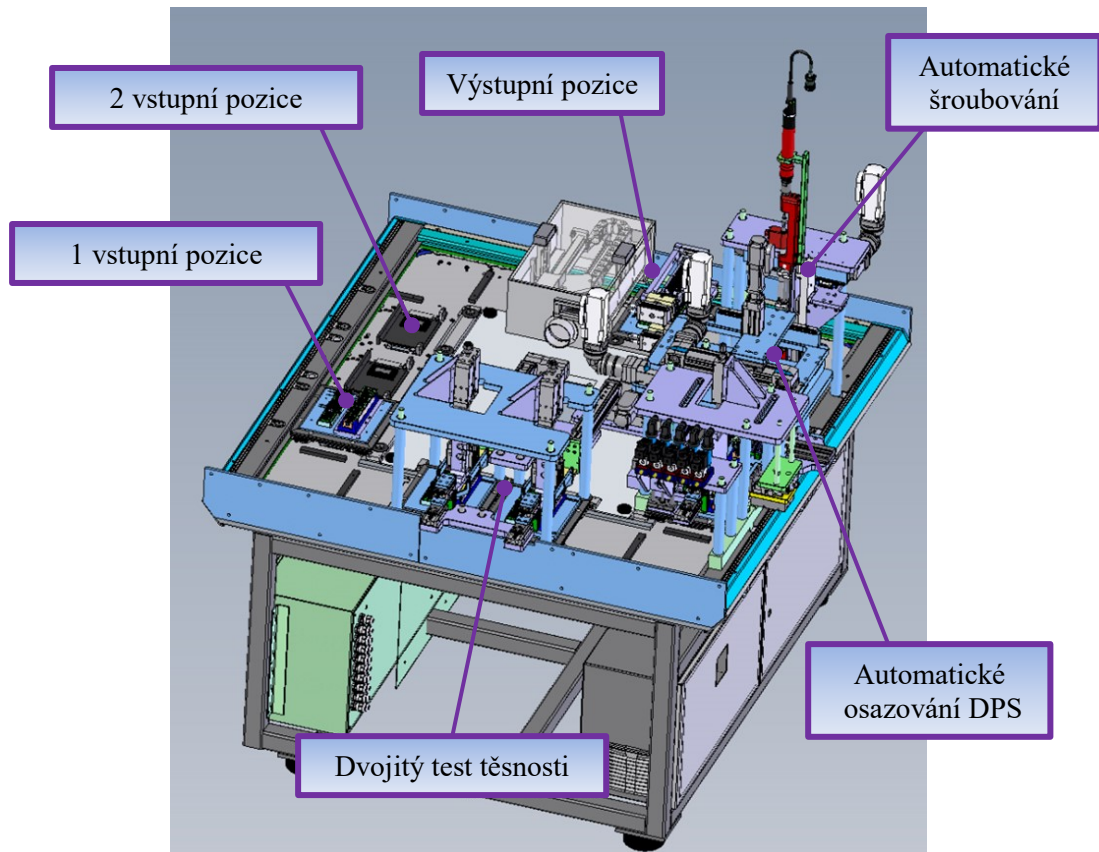
Obr. 28. Porovnání stavu před a po plánované optimalizaci [25]

V novém stavu plánují novou předmontáž, dvojitě AOI, další ICT s adapterem, upravit stůl pro stávající a nové lisování krytu a v neposlední řadě 3 nové dvojpozicové FT obsluhované robotem neboli kolaborativním robotem. V dalších podkapitolách se budu zabývat konkrétními kroky úprav nebo nahrazením stávajících zařízení.

### 8.6.1 Předmontáž

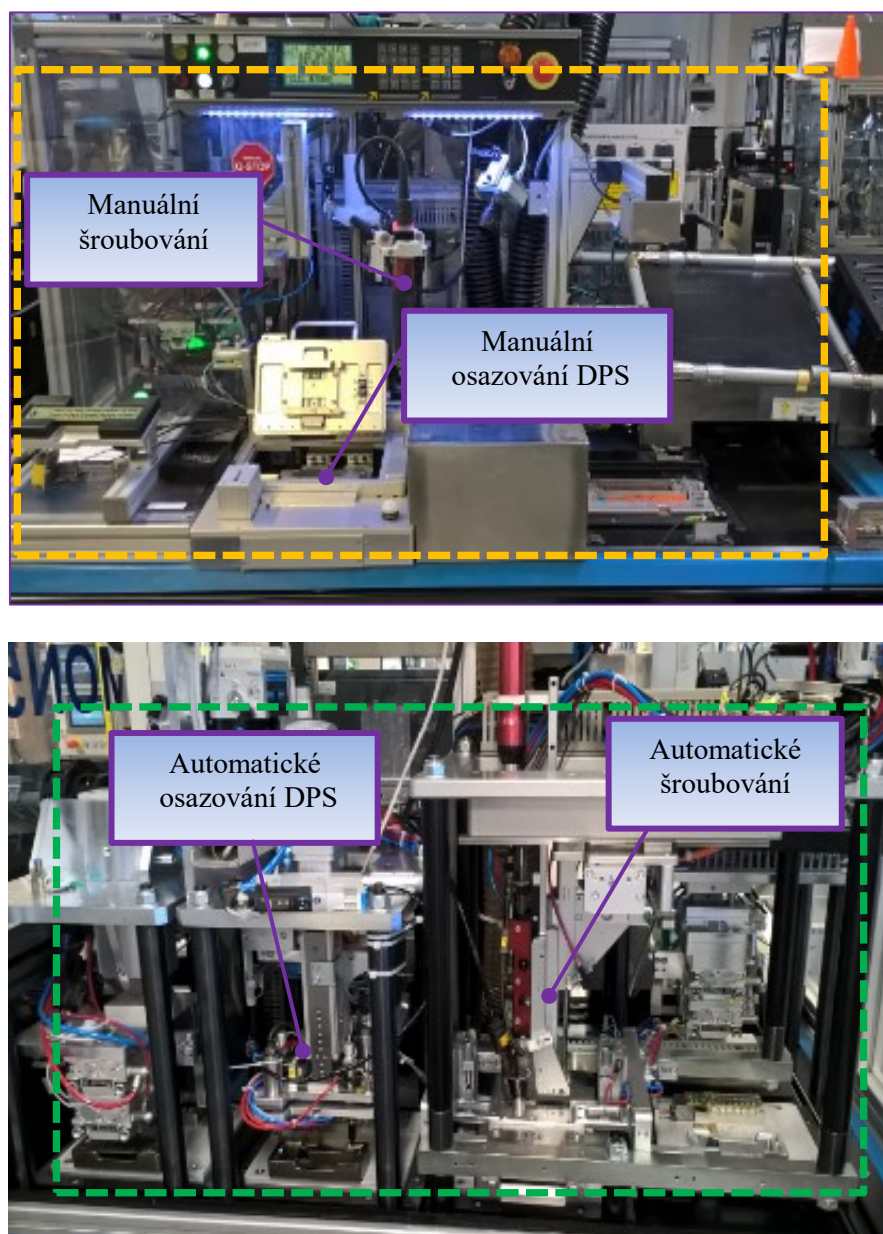
Pro předmontáž jsem si zvolil opět zařízení PRODEL s montáží vstupních komponent do poka-yoke lože, které je umístěno na vozíku. Počet vozíků z loží bude celkem 12, tak aby vyplnily všechny pozice a nevznikala by tak prodleva mezi pracovními operacemi. Vozík je veden pomocí pásů, které se pohybují, a jsou umístěny pod vozíkem po stranách. Nově bude obsahovat dvě stanice pro test těsnosti (test bude probíhat v tandemu a čas se tak zkrátí na

polovinu oproti stávajícímu stavu), automatické osazení DPS a automatické šroubování dvou šroubů (tyto dvě operace ve staré předmontáži vykonával člověk, nyní už stroj). Jako poslední operace bude odložení hotového výrobku na odkládací místo pro operátora. Na obr. 29 je znázorněn návrh zařízení.



Obr. 29. Návrh nové předmontáže [25]

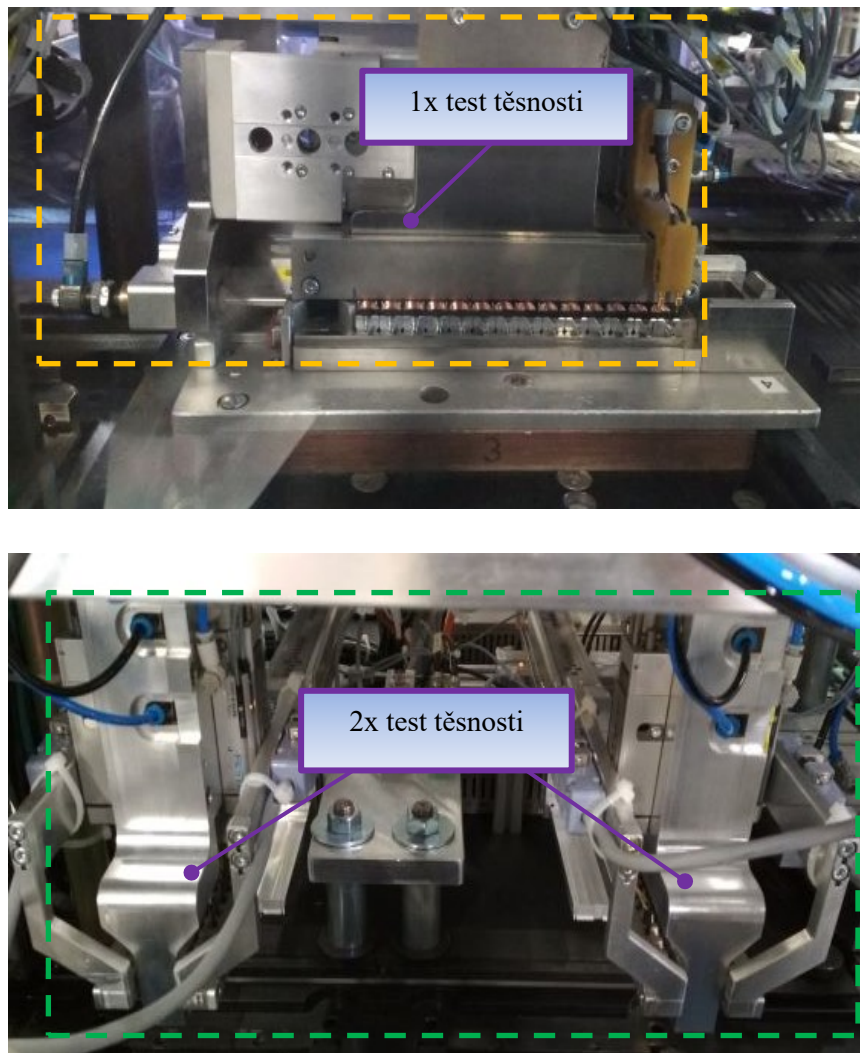
Na obrázku č. 30 je porovnání stavu před a po změně pracovní operace osazování a šroubování DPS.



Obr. 30. Porovnání stavu před a po změně osazování a šroubování



Na obrázku č. 31 je porovnání stavu před a po změně pracovní operace test těsnosti.



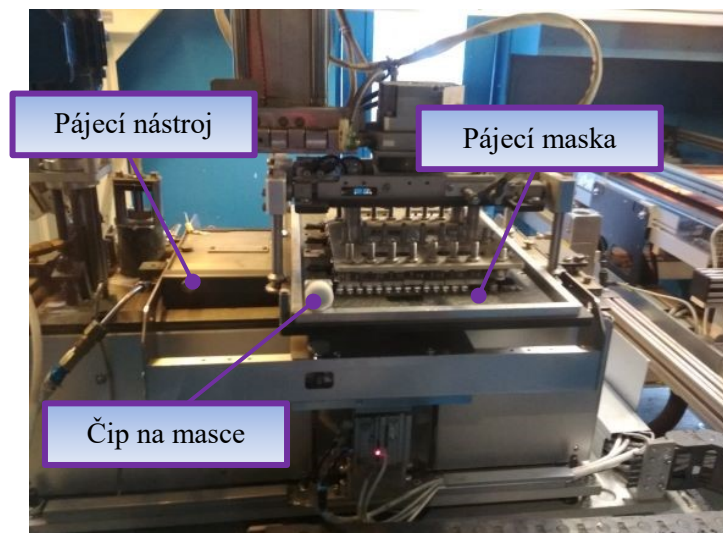
*Obr. 31. Porovnání stavu před a po změně testu těsnosti*

Cena zařízení předmontáže včetně vozíků a loží je 341 506 €.

### 8.6.2 Selektivní pájení

Pro optimalizaci buňky využijeme stávající zařízení. Selektivní pájení (Selective soldering) je technologie pájení součástek k desce (DPS) plošných spojů. Základem pájecího zařízení je dopravník desek (osazené desky plošných spojů tzv. DPS, uložené v pájecí masce na dopravníku), který posunuje DPS mezi jednotlivými stanicemi stroje. Pro novou masáž budu potřebovat vyrobit 4 nové masky dle 3D dat z vývoje. Taktéž je potřeba vyrobit pájecí nástroj

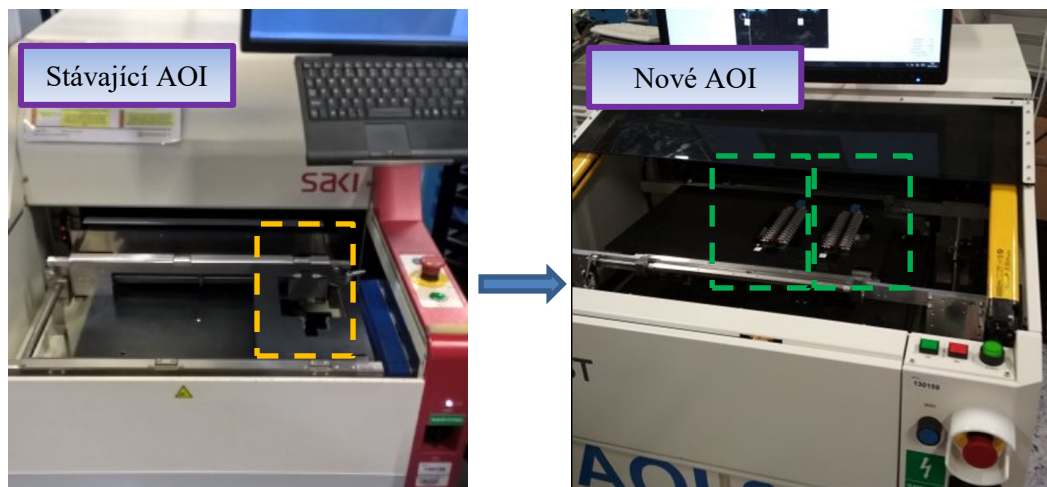
u dodavatele zařízení. Tento nástroj slouží ke kontaktu roztavené pájecí slitiny s DPS a to pouze v předem definovaných oblastech pájení. V důsledku kapilárních sil dojde k nevzlínání pájky do prokovaných otvorů, do kterých byly předem vloženy vývody THT komponent. Aby nedocházelo k chybě při pájení, je celý proces hlídán. Každá pájecí maska je vybavena čipem, který porovnává masku s pájecím programem a pájecím nástrojem dle vyráběné varianty. Tím je ochráněn proces, aby nedošlo k záměně a možnému vyrobení špatného výrobku nebo nabourání masky v zařízení. Cena pájecího nástroje a masek je 10 700 €.



Obr. 32. Pájecí nástroj s maskou

### 8.6.3 AOI

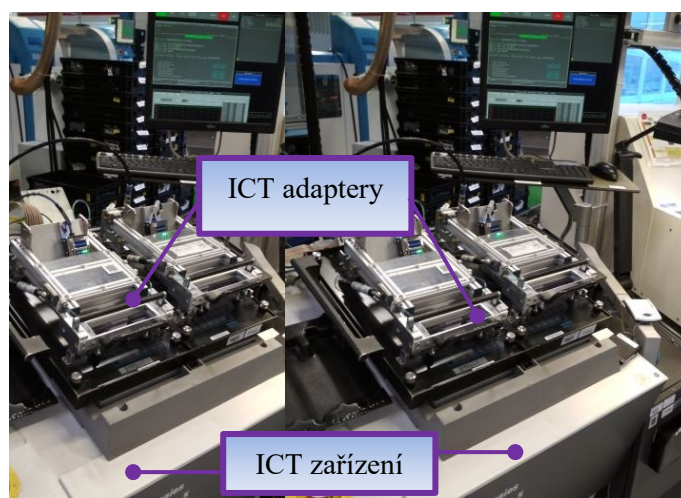
AOI je automatická optická inspekce po procesu selektivního pájení, na které se kontrolují nejen pájecí body na drátových součástkách, ale i pájení nebo přítomnost SMD komponent a poloha/přítomnost hlavičky šroubu na desce plošných spojů. Nové zařízení je postaveno jako automatický adaptér pro kontrolu dvou výrobků současně oproti stávajícímu stavu. Výrobky jsou vloženy do přípravku (lože) ručně a po stlačení tlačítka start dojde k automatickému zasunutí přípravku dovnitř zařízení a spuštění měřicího / kontrolního procesu. Proces je taktéž hlídán optickou závorou umístěnou nad přípravkem, v případě vložení ruky do přípravku po spuštění automatické kontroly dojde k přerušení optické závory a okamžitému zastavení stroje. Celé zařízení se skládá z adaptéru, stolu, měřicího počítače a masky. Cena zařízení včetně masek je 98 549 €.



Obr. 33. AOI jednopozicové před a dvoupozicové po optimalizaci

#### 8.6.4 ICT

ICT, jak již bylo dříve zmíněno, je měřicí systém pro kontrolu správného osazení DPS pomocí nakontaktování testovacích bodů soustavou jehel umístěných v adaptéru ICT. Po kontrole dochází k následnému nahrání softwarového vybavení do osazené DPS. Pro naše účely bude toto zařízení doplněno o další, podobné zařízení po jiném, již ukončeném projektu. Každé ICT zařízení má jeden adapter se dvěma pozicemi pro výrobek. V tomto případě bude stačit dokoupit jen nové ICT adaptéry. Cena potřebných adapterů je 65 000 €.

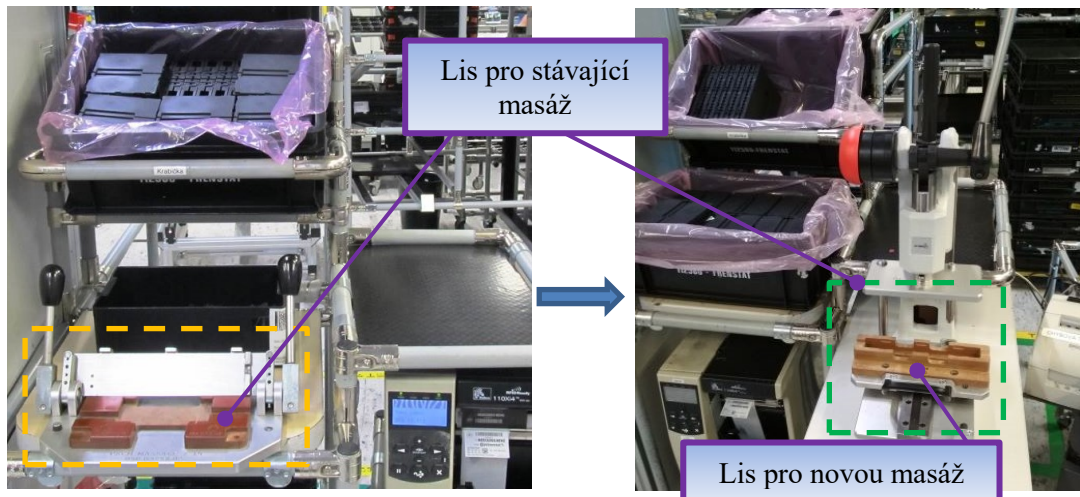


Obr. 34. Čtyřpozicové ICT po optimalizaci



### 8.6.5 Montáž krytu

Stávající pracoviště jsem upravil. Nechal jsem vyrobit nový stůl na kolečkách s brzdou, aby při změně varianty bylo možno jej vysunout a otočit o 180°. Na něj jsme umístili původní obouruční lis pro stávající masáž a z druhé strany jsme umístili nový ruční lis viz. obrázek č. 35. Jedná se o ruční lis sloužící pro zakrabičkování výrobku s předchozí operace ICT do krabičky. Je navržen tak, aby síla vyvinutá na páku lisu byla dostačující pro zalisování výrobku a současně vyhovující pro operátora. Výhodou tohoto zařízení je nejen jeho snadná obsluha, ale také cena, která se pohybuje okolo 1 000 € za pracoviště.



Obr. 35. Porovnání stavu před a po změně u montáže krytu

### 8.6.6 FT s kolaborativním robotem a optickou bránou

Final test, označován jako FT, je testovací zařízení tzv. konečná zkouška, která otestuje funkci výrobku. Nové final testy jsou tři dvoupozicová zařízení, na kterých můžeme najednou testovat 6 výrobků. Ruční činnost vkládání a odebírání výrobků do a z lože final testu provádí místo operátora nově kolaborativní robot. Robot se pohybuje proti směru hodinových ručiček. Operátor pouze odloží výrobek k otestování na vstupní skluz, kde dojde k automatickému naskenování výrobku a odebrání robotem. Testování výrobku je prováděno automatický FT. Proces je hlídán optickou závorou umístěnou kolem vstupu ochranné klece, v případě vniknutí operátora do prostoru FT s robotem dojde k přerušení optické závory a okamžitému přerušení pohybu robota. Porovnání stavu před a po optimalizaci FT je vizualizováno na dalším obrázku.



*Obr. 36. Původní stav final testu*

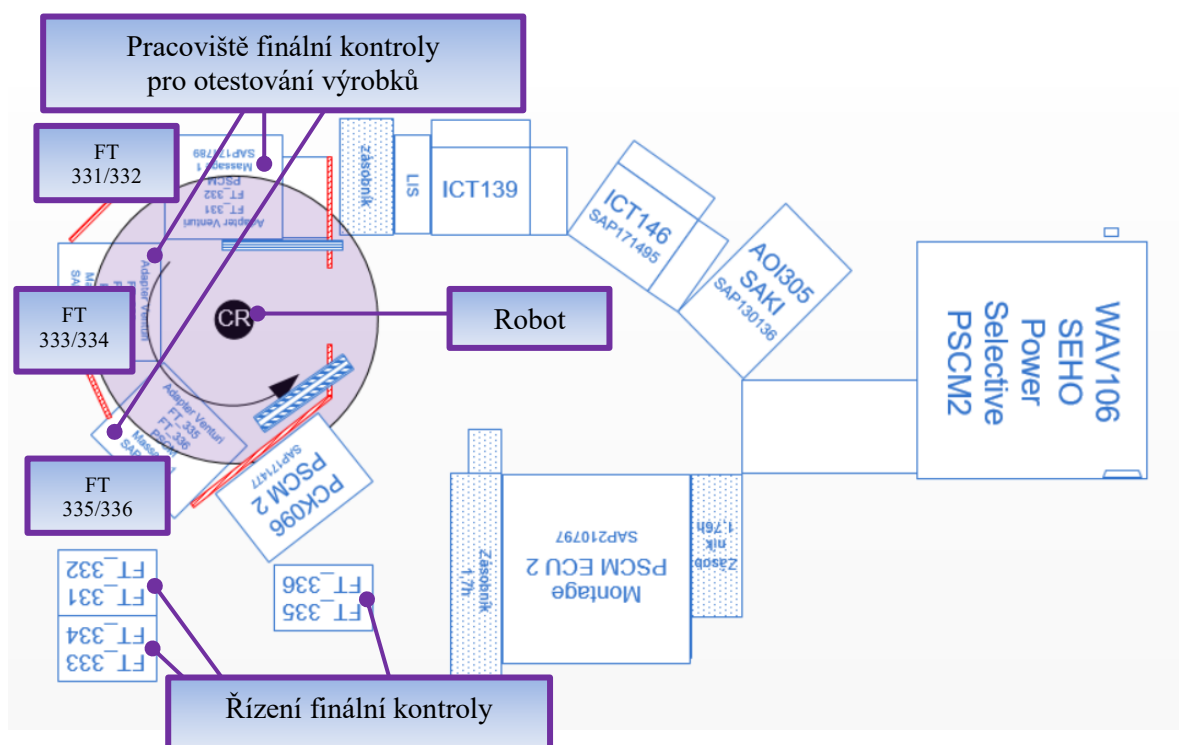


*Obr. 37. Final test s robotem a optickou bránou po optimalizaci*

Dobrý výrobek odloží robot z FT na zeleně označený skluz pro operátora k zabalení výrobku do optické brány, která slouží k zabalení vyrobených a otestovaných výrobků pro finálního zákazníka. Je standardním vybavením každé výrobní buňky. Cena zařízení včetně nových FT, ochranné klece, kolaborativního robota UR10 a programování je 64 422 €.

## 8.7 Layout

Layout pracoviště, čili rozmístění pracoviště, je nutnou součástí každého podniku. Zohledňuje požadavky výrobního a materiálového toku a v neposlední řadě i ergonomie. Pro sestavení je nutno vycházet s aktuálních rozměrů zařízení a plochy, na kterých zařízení budou stát. Návrh počítá také s umístěním strojů tak, aby respektovaly rozvržení dle výrobního postupu, zohlednil snadné zásobování buňky a také možnost snadného přístupu k zařízením při opravě a údržbě. Celková plocha, kterou optimalizovaná výrobní buňka zabírá je 64 metrů čtverečních. Finální layout vidíme v následujícím vyobrazení.



Obr. 38. Layout buňky po optimalizaci

## 8.8 MOST

V kapitole 8.5.2 jsem se zabýval výpočtem plánované kapacity, kde po zohlednění OEE je v tzv. peak volume, tedy v bodě nejvyšší predikované poptávky **výrobní takt 22,9 sekund na kus**. Tabulka níže ukazuje časy jednotlivých činností dle metodiky MOST v sekundách.

Tab. 5. Činnosti operátoru dle metodiky MOST

Operace	Popis činnosti	Čas	Operátor
PM	Uchopit vzduchový konektor.	0,72	1
PM	Na drženém vzduchovém konektoru zkontrolovat přítomnost O-kroužku.	0,72	1
PM	Uchopit přípravek pro úpravu O-kroužku, držet a odložit.	0,14	1
PM	Drženým přípravkem popravit O-kroužek ve vzduchovém konektoru.	0,14	1
PM	Držený vzduchový konektor umístit do lože zařízení (1 výrobek/1 ks).	1,44	1
PM	Uchopit ventil z blistry a umístit do lože zařízení (1 výrobek/10 ks).	18,00	1
PM	Uchopit ventil z blistry a umístit do lože zařízení (1 výrobek/4 ks).	7,20	2
PM	Potvrdit spínač.	0,72	2
PM	Strojní čas - test těsnosti (21.3. 2019).	<32,97>	2
PM	Strojní čas - opakovaný test těsnosti (21.3. 2019).	<2,64>	2
PM	Návrat 2 kroky od vlny k předmontáži a uchopit DPS z přepravy.	1,44	2
PM	Drženou načtenou DPS umístit do lože zařízení na zalisované ventily.	1,44	2
PM	Uchopit prázdný blistr z přepravy v horním skluzu a odložit, 2 kroky tam a zpět.	0,90	2
PM	Uchopit prázdné blistry od ventilů, jít 6 kroků a umístit do prázdné přepravy.	0,31	2
PM	Uchopit blistry s ventily, jít 6 kroků zpět k předmontáži a umístit.	0,31	2
PM	Uchopit velké víko a odložit (1x).	0,05	2
PM	Uchopit malé víko a odložit (2x).	0,11	2
PM	Uchopit malé víko a umístit zpět do prázdné přepravy (2x).	0,11	2
PM	Uchopit velké víko a umístit zpět na prázdnou přepravku (1x).	0,05	2
PM	Uchopit prázdný blistr z přepravy od DPS a odložit do spodního skluzu.	0,30	2
PM	Uchopit prázdnou přepravku od DPS a odložit do spodního skluzu.	0,06	2
PM	Uchopit přepravku s DPS v horním skluzu a přitáhnout k sobě.	0,03	2
PM	Vyjmout PIL z přepravy a odhodit do koše.	0,02	2
PM	Vadný kus potvrdit stisknutím červeného tlačítka.	0,01	2
RO	Odebrat hotový zašroubovaný kus ze zařízení předmontáže a držet.	0,72	2
RO	S drženým kusem jít 2 kroky k pájecí vlně a kus umístit do pájecí masky.	2,16	2
RO	Uchopit konektor z blistry a umístit na DPS.	1,80	2
RO	Získat pájecí masku s osazenými kusy a zasunout do zařízení (1 maska/4 DPS).	0,45	2
SP	Strojní čas - selektivní pájení (21.3. 2019).	<13,99>	2
RO	Uchopit prázdný blistr z držáku a odložit.	0,01	2
RO	Uchopit blistr s konektory z přepravy v horním skluzu a umístit na držák.	0,02	2
RO	Uchopit prázdnou přepravku v horním skluzu a odložit.	0,00	2
RO	Uchopit přepravku s konektory v horním skluzu a přitáhnout k sobě.	0,00	2
RO	Z vlny vyjmout zapájenou DPS.	0,36	2
AOI	Jít 2 kroky k zařízení AOI.	1,08	2
AOI	Držený kus před AOI umístit do lože zařízení.	1,44	2
AOI	Stisknout tlačítko pro rozjetí lože.	1,08	2
AOI	Strojní čas - AOI SAKI (21.3. 2019).	<15,49>	3
AOI	Návrat 5 kroků od LISU a vyjmout kus po AOI a držet.	3,96	3
AOI	Zkontrolovat chybu na monitoru, zkontrolovat chybu na DPS.	0,29	3
AOI	Potvrdit chybu na dotykovém monitoru.	0,14	3
AOI	Získat červenou šipku, odlepit z papíru a umístit na vadnou DPS.	0,06	3
AOI	S drženým kusem jít 10 kroků k přepravce Q-STOPu a 10 kroků návrat.	0,23	3
ICT	S drženým kusem po AOI jít 3 kroky k ICT a kus vložit do lože adaptéru.	3,24	3
ICT	Získat držák víka adaptéru a uzavřít.	1,08	3
ICT	Strojní čas - funkční test výrobku (21.3. 2019).	<27,8>	3
ICT	Strojní čas - opakované přísátí v průběhu testu výrobku (21.3. 2019).	<0,56>	3
ICT	Získat držák víka adaptéru a otevřít.	1,08	3
ICT	Vyjmout kus po testu a držet.	0,72	3
ICT	Po testu vadného kusu stisknout červené tlačítko "ŠPATNÝ KUS".	0,02	3
ICT	Doba vytištění chybové etikety (4,5 sekundy).	0,07	3

ICT	Získat vytištěnou chybovou etiketu a nalepit na držený vadný kus.	0,04	3
ICT	S vadným kusem jít 10 kroků k přepravce Q-STOPu a 10 kroků návrat.	0,23	3
KM	S kusem po testu jít 2 kroky a odložit kus na odkládací místo.	1,08	3
KM	Uchopit pouzdro (spojený horní, spodní díl) a umístit do lože lisu.	2,16	3
KM	Získat DPS a umístit do spodního dílu pouzdra v loži lisu.	1,44	3
KM	Získat páku lože lisu a horní díl pouzdra zalisovat do spodního dílu pouzdra.	1,80	3
KM	Drženou páku vrátit zpět do původní polohy.	0,36	3
KM	Návrat 3 kroky od OB a vyjmout zalisovaný kus z lože lisu a držet.	3,24	4
KM	Na drženém kuse zkontrolovat správné zalisování.	2,52	4
KM	Získat přístrojovou etiketu a nalepit na držený kus.	2,16	4
KM	Uchopit prázdnou přepravku v horním skluzu a odložit.	0,09	4
KM	Uchopit přepravku v horním skluzu a přitáhnout k sobě.	0,05	4
KZ	Držený kus odložit na dopravník k FT.	0,72	4
KZ	Cobot, založení kusu a odložení kusu po testu (21.3. 2019).	<19,74>	4
KZ	Strojní čas – finální test výrobku (21.3. 2019).	<99,6>	4
KZ	Jít 2 kroky k dopravníku a získat kus po FT.	1,44	4
OB	Prst levé ruky umístit do prostoru dotykového čidla.	0,72	4
OB	Držený otestovaný kus umístit ke čtečce DMX kódu.	1,44	4
OB	Načtení DMX kódu.	3,15	4
OB	Přečtení hlášky "VLOŽTE KUS" z displeje optické brány.	0,72	4
OB	Držený kus umístit do přepravky do blistry.	1,44	4
OB	Přečtení hlášky "VLOŽTE PROKLAD" z displeje optické brány.	0,09	4
OB	Uchopit blistr a umístit do přepravky.	0,27	4
OB	Přečtení hlášky "POTVRDTE PROKLAD" z displeje optické brány.	0,09	4
OB	Potvrdit tlačítko "ENTER".	0,14	4
OB	Uchopit bublinkovou fólii a umístit do přepravky na hotové kusy.	0,04	4
OB	Přečtení hlášky "VYMĚŇTE BEDNU" z displeje optické brány.	0,02	4
OB	Uchopit přepravku s kusy z rámu brány a umístit do horního skluzu.	0,05	4
OB	Drženou přepravku posunout v horním skluzu směrem od sebe.	0,03	4
OB	Uchopit prázdnou přepravku z horního skluzu a umístit do rámu brány.	0,05	4
OB	Přečtení hlášky "POTVRDTE BEDNU" z displeje optické brány.	0,02	4
OB	Potvrdit tlačítko "ENTER".	0,03	4
OB	Získat balicí etiketu s označením MLFB a umístit na přepravku.	0,05	4
OB	Získat lepicí pásku, odtrhnout a nalepit na etiketu na přepravce.	0,07	4
OB	Přejet rukou přes lepicí pásku na etiketě (do 5 cm).	0,02	4
OB	Uchopit odváděcí papír a položit do přepravky na hotové kusy.	0,04	4
OB	Po testu vadného kusu stisknout tlačítko pro vytištění chybové etikety (2,5 s).	0,06	4
OB	Získat chybovou etiketu a nalepit na držený vadný kus.	0,04	4
OB	S drženým kusem jít 10 kroků k přepravce Q-STOPu a 10 kroků návrat.	0,23	4
<b>Ruční časy první operátor - součet</b>		<b>21,17</b>	
<b>Ruční časy druhý operátor - součet</b>		<b>22,18</b>	
<b>Ruční časy třetí operátor - součet</b>		<b>18,01</b>	
<b>Ruční časy čtvrtý operátor - součet</b>		<b>19,03</b>	

V tabulce jsou specifikovány veškeré operace, ze kterých vycházel MOST a jejich čas v sekundách na kus. Procesní časy strojů jsou označeny v závorce, protože se jedná o překryvný čas, během kterého probíhají ruční činnosti.



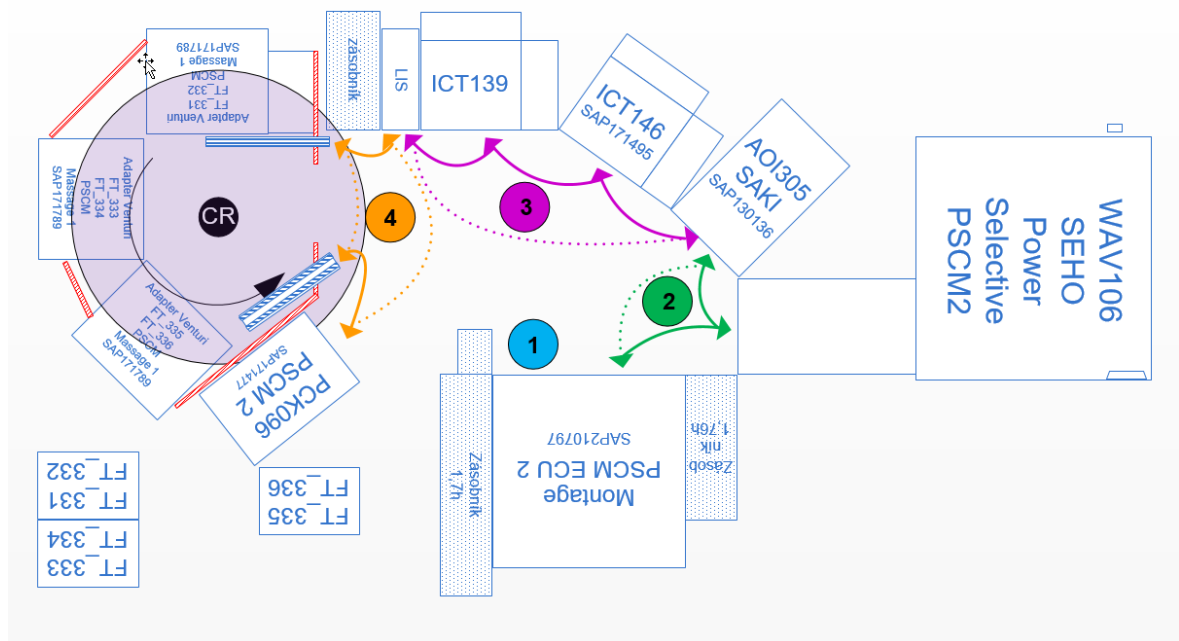
Označení operací v MOSTu je následující:

PM - Předmontáž, RO a SP je osazení se selektivním pájením, KM - montáž krabičky, KZ - je FT (finální test) a OB - optická brána. U AOI a ICT se označení v tomto případě nemění.

Z analýzy MOST vyplývá, že nejdelší čas má druhý operátor, jenž má čas 22,18 s na kus. Nejužší strojní čas je v předmontáži na stanici test těsnosti s časem 32,97 s na kus, ale jelikož máme testy těsnosti 2, tak se čas zkrátil na polovinu své doby a to 16,49 s na kus. Oproti původnímu počtu 3 operátorů před optimalizací, máme pro nové rozbalancování buňky 4 operátory pro pokrytí poptávky zákazníkem 22,9 s na kus. Jednotlivými činnostmi operátorů dle ergonomických požadavků se budu zabývat v další kapitole.

## 8.9 Schéma standardu pracoviště

Schéma standardu pracoviště pomáhá operátorům lépe se orientovat v masážní buňce. Návrh této práce vychází ze scénáře čtyř operátorů v buňce dle MOSTu.



Obr. 39. Schéma pohybu operátorů po optimalizaci

### **1. operátor**

Provádí osazení předmontáže 10 ventilky, air konektorem a odešle vozík.

### **2. operátor**

Provádí osazení předmontáže 4 ventilky, DPS a odešle vozík. Dále odebere hotový výrobek a založí do masky selektivního pájení s osazením konektoru. Odebere hotový zapájený kus, vloží do AOI a spustí testování. Dále se vrací zpět do výchozí polohy v předmontáži.

### **3. operátor**

Vyjme z AOI zkontrolovaný výrobek, založí do ICT a spustí test. Výrobek po testu na ICT vloží do krytu na operaci montáž krytu a zalisuje. Vrací se zpět na AOI.

### **4. operátor**

Vyjme výrobek s krytem, zkontroluje a nalepí výrobkovou etiketu. Odloží jej na pás k dalšímu zpracování robotem. Odebere otestovaný výrobek po FT (robot) z odebíracího místa a provede jeho zabalení přes optickou bránu.

### **5. robot**

Po naskenování etikety s kusem, odebere robot výrobek z pásu a založí jej do FT k otestování. Otestovaný výrobek odloží na skluz pro čtvrtého operátora k zabalení do OB. Veškeré činnosti provádí robot v překryvném čase měření výrobku na finálním testu FT.

## **8.10 Srovnání stavu před a po úpravě s ekonomickým vyhodnocením**

Při plánování jsem zohlednil zařízení jak pro stávající, tak novou masáž. Využil jsem možnost zapojit kolaborativního robota do pracovních operací jako pátého operátora pro činnosti, které jsou velmi jednoduché a opakující se. Podrobnějšímu popisu stavu před a po optimalizaci výrobní buňky jsem se zabýval v kapitole 8.6. Jelikož je výroba podobná, nebylo potřeba stavět novou výrobní buňku pro novou masáž a stávající rozšiřovat pouze pro stávající masáž, ale vše vyrábět na sdílených zařízeních v jedné výrobní buňce. Ušetřili

jsme další výrobní plochu cca 64 metrů čtverečních, další náklady za jedno z nejdražších zařízení, což je selektivní pájení SEHO v hodnotě 250 000 € a přibližně 3 operátory. Nehledě nutnosti servisu a údržby pro další zařízení. Podrobný přehled nákladů na pořízení zařízení a výrobní plochy je v tabulce níže.

Tab. 6. Celkové náklady na pořízení zařízení a výrobní plochy

Zařízení a plochy	Optimalizovaná masážní buňka	Nová masážní buňka
Přemontáž včetně vozíků a loží	341 506 €	341 506 €
Pájecí nástroj a masky pro selektivní pájení	10 700 €	10 700 €
Selektivní pájení SEHO		250 000 €
AOI včetně masek	98 549 €	98 549 €
ICT včetně adapterů	65 000 €	65 000 €
LIS pro montáž krytu	1 000 €	1 000 €
FT a robot UR10	64 422 €	64 422 €
Optická brána		8 000 €
Stávající plocha po rozšíření o 4m2*5700kč/rok	877 €	
Nová plocha (64m2*5700kč/rok)		14 031 €
<b>Celkové náklady pro optimalizovanou masážní buňku</b>	<b>582 054 €</b>	
<b>Celkové náklady pro úplně novou masážní buňku</b>		<b>853 208 €</b>
<b>Rozdíl</b>	<b>271 154 €</b>	

Z předchozí tabulky je vidět, že při optimalizaci stávající výrobní buňky ušetříme 271 154€ oproti pořízení další linky. Optimalizovaná výrobní masážní buňka má 4 operátory a při ceně jednoho operátora 5,5 Kč/min, výrobního taktu 22,18 s/kus a požadovaného množství 841 000ks za rok v roce 2021 jsou náklady na operátory v hodnotě 6 845 740 Kč/rok 2021. Linka splňuje požadovaný takt zákazníkem 22,9 s/kus při produkci 841 000 ks/rok v roce 2021. Tento peak volume, česky řečeno vrchol požadovaného množství, je velmi důležitý. Od tohoto objemu jsem se dále odvíjel při optimalizaci stávající výrobní buňky, jako výpočet výrobního taktu a kapacitního vytížení zařízení a potřeby určitého počtu operátorů. Reálně jsme se nakonec dostali na nižší takt 22,18 s/kus dle analýzy MOST.



## ZÁVĚR

Tato diplomová práce byla zaměřena na optimalizaci stávající výrobní buňky pro nový projekt masážní jednotku MB STA3 BR223 14MSG v automobilu.

V teoretické části práce se zabývám popisem základních pojmů týkajících se štíhlé výroby a štíhlého podniku, ergonomie, metod měření času, projektového řízení a robotiky. Na závěr teoretické části jsem se věnoval popisu funkce masážní jednotky v pneumatickém systému sedadla.

Praktická část je zaměřena na samotnou optimalizaci stávající výrobní buňky pro nový projekt masážní jednotku v automobilu a její rozšíření z důvodu navýšení objemu produkce z 601 000 ks v roce 2019 na 841 000 ks v roce 2021 zákazníkem. Popsal jsem současný stav zařízení, layout pracoviště a analyzoval jsem stávající výrobní kapacitu v kapacitní krychli. Dále jsem představil novou masáž, kusovník a výrobní postup. Po provedení analýzy objemu produkce bylo sestaveno a navrženo optimalizované řešení technologického postupu. S návrhem layoutu došlo k rozbalancování pracoviště a definování činnosti pro čtyři operátory, dodržující ergonomické požadavky a zahrnující tvorbu schématu standardu pracoviště. Závěrem byl vyhodnocen stav před a po úpravě s ekonomickým vyhodnocením navrženého řešení. Výsledkem tohoto řešení je zvýšení požadované produkce na 841 000 ks za rok ve výrobní buňce na základě odvolávek zákazníkem. Reálně jsme se nakonec dostali na ještě nižší takt 22,18 s/kus dle analýzy MOST oproti požadovanému taktu zákazníkem 22,9 s/kus. Máme možnost současně vyrábět novou masáž i stávající v jedné výrobní buňce. Optimalizaci stávající výrobní buňky jsme ušetřili 271 154 € oproti pořízení další výrobní buňky.

Tato práce by se určitě neobešla bez kooperace plánovače výroby, plánovače kvality, techniků konstrukce, SW inženýrů a zástupců výroby. Na podkladě návrhů této práce je již buňka optimalizována, operace rozděleny a nová masážní jednotka v této buňce vyráběna.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] FIALA, Petr. *Modely produkčních systémů*. 2. vyd. V Praze: Oeconomica, 2013, 231 s. ISBN 978-80-245-1966-1.
- [2] KOŠTURIÁK, Ján a FROLÍK, Zbyněk. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, 2006, 240 s. ISBN 80-86851-38-9.
- [3] MAŠÍN, Ivan. *Výkladový slovník průmyslového inženýrství a štíhlé výroby*. 1. vyd. Liberec: Institut technologií a managementu, 2005, 106 s. ISBN 80-903533-1-2.
- [4] DELGADO, Sobrino a DAYNIER, Rolando. *Material flow and layout: an integrative analysis*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2016, 93 s. Vědecké monografie. ISBN 978-80-7380-600-2.
- [5] DENNIS, Pascal. *Lean production simplified: a plain language guide to the world's most powerful production systém*. 1. vyd. New York: Productivity Press, 2007, 176 s. ISBN 978-1-56327-356-8.
- [6] KOLÍBAL, Zdeněk. *Roboty a robotizované výrobní technologie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně - nakladatelství VUTIUM, 2016, 787 s. ISBN 978-80-214-4828-5.
- [7] IMAI, Masaaki. *Kaizen: metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2004. 272 s. ISBN 80-251-0461-3.
- [8] IMAI, Masaaki. *Gemba Kaizen*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2005. 314 s. ISBN 80-251-0850-3.
- [9] Štíhlá administrativa [online]. [cit. 2018-10-08]. Dostupné z WWW: <<https://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/stihla-administrativa>>
- [10] CHUNDELA, Lubor. *Ergonomie*. Praha: ČVUT, 2001. 173 s. ISBN 80-01-02301-X.
- [11] SVOZILOVÁ, Alena. *Projektový management. 2. aktualizované a doplněné vydání*. Praha: Grada Publishing, 2011. 392 s. ISBN 978-80-247-3611-2.
- [12] ROSENAU, Milton D. *Řízení projektů: příprava a plánování, zahájení, výběr lidí a jejich řízení, kontrola a změny, vyhodnocení a ukončení*. 1. vyd. Praha: Computer Press, 2000. 344 s. ISBN 80-7226-218-1.

- [13] MAŠÍN, Ivan a VYTLAČIL, Milan. Cesty k vyšší produktivitě: strategie založená na průmyslovém inženýrství. 1. vyd. Liberec: Institut průmyslového inženýrství. 1996. 254 s. ISBN 80-902235-0-8.
- [14] JUROVÁ, Marie a kolektiv. Výrobní a logistické procesy v podnikání. 1. vyd. Praha: Grada Publishing. 2016. 264 s. ISBN 978-80-271-9331-8.
- [15] CHROMJAKOVÁ, Felicita a RAJNOHA, RASTISLAV. Řízení a organizace výrobních procesů. 1. vyd. Žilina: Georg. 2011. 139 s. ISBN 978-80-89401-26-0.
- [16] KEŘKOVSKÝ, Miloslav. Moderní přístupy k řízení výroby. 2. vyd. Praha: C. H. Beck. 2009. 137 s. ISBN 978-80-7400-119-2.
- [17] HAYES, R. H. a WEELWRIGHT, S. C. Dynamická výroba. 1. vyd. Praha: Victoria Publishing. 1993. 369 s. ISBN 80-85605-20-1.
- [18] Zákony pro lidi [online]. [cit. 2018-11-03]. Dostupné z WWW: <[https:// www.zakonyprolidi.cz](https://www.zakonyprolidi.cz)>
- [19] Technické normy [online]. [cit. 2018-11-03]. Dostupné z WWW: <<http://www.technicke-normy-csn.cz/technicke-normy/>>
- [20] IPA Slovník [online]. [cit. 2018-11-07]. Dostupné z WWW: <<https://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník>>
- [21] Kolaborativní roboty s inteligenci [online]. [cit. 2018-11-08]. Dostupné z WWW: <<http://www.robotiq.cz/>>
- [22] Continental [online]. [cit. 2018-11-08]. Dostupné z WWW: <<https://www.continental-automotive.com/en-gl/Passenger-Cars/Interior/Comfort-Security/Seat-Comfort-Systems>>
- [23] Robotika [online]. [cit. 2018-12-01]. Dostupné z WWW: <[http://www.sspu-opava.cz/UserFiles/File/sablony/AUT\\_IV/VY\\_32\\_INOVACE E-15-20.pdf](http://www.sspu-opava.cz/UserFiles/File/sablony/AUT_IV/VY_32_INOVACE_E-15-20.pdf)>
- [24] ŠÍRA, Martin. *Optimalizace technologického postupu výroby distributoru vzduchu řídicí jednotky*. Zlín, 2017. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická. Vedoucí práce doc. Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.

## **OSTATNÍ ZDROJE**

[25] Interní zdroje společnosti Continental Powertrain Czech Republic s.r.o.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

5S	Pět základních principů k odstranění plýtvání na pracovišti.
TPM	Totálně produktivní péče o zařízení.
SMED	Program rychlých změn.
ČSN	Česká technická norma.
NSČ	Norma spotřeby času.
MTM	Metoda nepřímého měření předem určených časů.
MOST	Metoda nepřímého měření s předem stanovenými časy.
OEE	Celková efektivnost zařízení.
USA	Spojené státy americké.
HW	Hardware – mechanické vybavení.
AOI	Automatická optická inspekce po pájení.
ICT	Obvodový kruhový test.
FT	Finální test.
SW	Software – programové vybavení.
OEE	Celková efektivnost zařízení.
PRaM	Průmyslové roboty a manipulátory.
NC	Číslicové řízení.
CNC	Počítačové číslicové řízení.
CAD	Počítačem podporované projektování.
CAM	Počítačová podpora obrábění.
CIM	Počítačově integrovaná výroba.
OK	Výrobek bez chyby.
NOK	Výrobek s chybou.
PDB	Databáze informací o výrobku na jednotlivých pracovních operacích.

DPS	Deska plošných spojů.
DMX	Číselný kód na DPS.
THT	Drátové součástky.
SAP	Počítačový software s logistickými a výrobními daty.

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1. Prvky štíhlého podniku .....</i>	13
<i>Obr. 2. Vliv na kvalitu ve fázi vývoje a výroby v čase [2].....</i>	14
<i>Obr. 3. Vliv na náklady na výrobek .....</i>	14
<i>Obr. 4. Štíhlá výroba.....</i>	18
<i>Obr. 5. Nepořádek na pracovišti před a po zavedení štíhlé administrativy [9].....</i>	20
<i>Obr. 6. Dosah horních končetin [25].....</i>	23
<i>Obr. 7. Práce ve stoji [25] .....</i>	24
<i>Obr. 8. Práce vsedě [25].....</i>	24
<i>Obr. 9. Pracovní polohy [25].....</i>	25
<i>Obr. 10. Příklad použití MOST analýzy [20].....</i>	30
<i>Obr. 11. Kolaborativní robot [21] .....</i>	37
<i>Obr. 12. Masážní jednotka v pneumatickém systému sedadla [22] .....</i>	38
<i>Obr. 13. Předmontáž.....</i>	42
<i>Obr. 14. Blokové schéma pájecího zařízení [24].....</i>	44
<i>Obr. 15. Ruční osazování a selektivní pájení.....</i>	44
<i>Obr. 16. AOI .....</i>	45
<i>Obr. 17. ICT.....</i>	46
<i>Obr. 18. Montáž krytu.....</i>	47
<i>Obr. 19. Final test.....</i>	48
<i>Obr. 20. Optická brána.....</i>	49
<i>Obr. 21. Rozmístění stávající výrobní buňky – layout [25] .....</i>	50
<i>Obr. 22. Kapacitní krychle masážní výrobní buňky [25].....</i>	51
<i>Obr. 23. Rozdíl mezi stávající masáží vlevo a novou masáží vpravo [25].....</i>	52
<i>Obr. 24. Rozdíl v krytu mezi stávající masáží vlevo a novou masáží vpravo [25].....</i>	52
<i>Obr. 25. Vizualizace kusovníku nové masáže [25].....</i>	53
<i>Obr. 26. Výrobní postup .....</i>	54
<i>Obr. 27. Životní cyklus [25].....</i>	56
<i>Obr. 28. Porovnání stavu před a po plánované optimalizaci [25] .....</i>	59
<i>Obr. 29. Návrh nové předmontáže [25] .....</i>	60
<i>Obr. 30. Porovnání stavu před a po změně osazování a šroubování .....</i>	61
<i>Obr. 31. Porovnání stavu před a po změně testu těsnosti.....</i>	62
<i>Obr. 32. Pájecí nástroj s maskou.....</i>	63

---

<i>Obr. 33. AOI jednopozicové před a dvoupozicové po optimalizaci.....</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 34. Čtyřpozicové ICT po optimalizaci .....</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 35. Porovnání stavu před a po změně u montáže krytu .....</i>	<i>65</i>
<i>Obr. 36. Původní stav final testu .....</i>	<i>66</i>
<i>Obr. 37. Final test s robotem a optickou bránou po optimalizaci.....</i>	<i>66</i>
<i>Obr. 38. Layout buňky po optimalizaci.....</i>	<i>67</i>
<i>Obr. 39. Schéma pohybu operátorů po optimalizaci .....</i>	<i>70</i>



**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1. MTM pro pohyb sahání [20].....</i>	<i>29</i>
<i>Tab. 2. Kusovník nové masáže .....</i>	<i>53</i>
<i>Tab. 3. Objem produkce po jednotlivých rocích [25] .....</i>	<i>55</i>
<i>Tab. 4. Výpočet plánované kapacity dle ročního množství [25] .....</i>	<i>57</i>
<i>Tab. 5. Činnosti operátoru dle metodiky MOST.....</i>	<i>68</i>
<i>Tab. 6. Celkové náklady na pořízení zařízení a výrobní plochy .....</i>	<i>72</i>