

Analýza možností zefektivnění výrobní linky se zaměřením na layout ve vybrané společnosti

Jana Buxárová

Bakalářská práce
2021



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jana Buxárová**
Osobní číslo: **M18116**
Studijní program: **B6209 Systémové inženýrství a informatika**
Studijní obor: **Řízení výroby a kvality**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Analýza možností zefektivnění výrobní linky se zaměřením na layout ve vybrané společnosti**

Zásady pro vypracování

Úvod

Definujte cíle práce a použité metody práce.

I. Teoretická část

- Zpracujte literární poznatky vztahující se k problematice výroby a formulujte teoretická východiska pro zpracování praktické části práce.

II. Praktická část

- Popište a analyzujte současný stav výrobní linky v dané společnosti.
- Zhodnoťte výsledky analýzy a identifikujte možnosti eliminace plýtvání se zaměřením na layout výrobní linky.
- Navrhněte vhodná opatření k odstranění zjištěných nedostatků a proveďte jejich ekonomické zhodnocení.

Závěr

Rozsah bakalářské práce: cca 40 stran
Forma zpracování bakalářské práce: Tiskovaná/elektronická
Jazyk zpracování: Slovenština

Seznam doporučené literatury:

- DENNIS, Pascal. *Lean production simplified: a plain-language guide to the world's most powerful production system*. 3rd edition. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2016, 223 s. ISBN 978-1-4987-0887-6.
- CHROMJAKOVÁ, Felicita. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štihlým řízením procesů*. 1. vydání. Žilina: Georg, 2013, 116 s. ISBN 978-80-8154-058-5.
- JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. 1. vydání. Praha: Grada, 2016, 254 s. ISBN 978-80-247-5717-9.
- ROTHER, Mike. *Toyota kata: systematickým vedením lidí k výjimečným výsledkům*. 1. vydání. Praha: Grada, 2017, 285 s. ISBN 978-80-271-0435-2.
- SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. 1. vydání. Praha: Grada, 2011, 223 s. ISBN 978-80-247-3938-0.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Eva Juříčková, Ph.D.**
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Datum zadání bakalářské práce: **15. ledna 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **18. května 2021**

L.S.

doc. Ing. David Tuček, Ph.D.
děkan

Ing. Eva Juříčková, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 15. ledna 2021

PROHLÁŠENÍ AUTORA

BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

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;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na elektronickém nosiči v příruční knihovně Fakulty managementu a ekonomiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- 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;
- beru na vědomí, že podle § 60 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 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- 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.

Prohlašuji,

1. že jsem na diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
2. že odevzdaná verze diplomové/bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

Jméno a příjmení:

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na analýzu možností zefektivnění výrobní linky se zaměřením na layout ve vybrané společnosti. Cílem této práce je pomocí analýzy identifikovat možnosti eliminace plýtvání se zaměřením na layout výrobní linky a navržení vhodných opatření k odstranění zjištěných nedostatků. V rámci řešení byly použity metody průmyslového inženýrství – procesní analýza, špagetový diagram a mapa plýtvání. Navržené řešení obsahuje návrhy, díky kterým je možné odstranit zjištěné plýtvání. Na základě naměřených výsledků je možné zlepšit layout výrobní linky podle filozofie Lean.

Klíčová slova: layout, plýtvání, štíhlá výroba, analýza, průmyslové inženýrství, metody průmyslového inženýrství

ABSTRACT

The bachelor thesis is focused on the analysis of the possibilities of streamlining the production line with a focus on the layout in the selected company. The aim of this work is to use the analysis to identify the possibility of eliminating waste with a focus on the layout of the production line and to propose appropriate measures to eliminate the identified shortcomings. Within the solution, methods of industrial engineering were used - process analysis, spaghetti diagram and waste map. The proposed solution contains proposals, thanks to which it is possible to eliminate the identified waste. Based on the measured results, it is possible to improve the layout of the production line according to the Lean philosophy.

Keywords: layout, waste, lean manufacturing, analysis, industrial engineering, methods of industrial engineering

V úvode tejto práce by som sa chcela poďakovať svojej vedúcej Ing. Eve Juříčkovej, Ph.D., za odborné vedenie, vecné pripomienky a užitočné rady, ktorými prispela k vypracovaniu mojej bakalárskej práce.

Chcela by som taktiež poďakovať zamestnancom spoločnosti, v ktorej som bakalársku prácu spracovávala, za venovaný čas, poskytnuté materiály a odborné rady.

V neposlednej rade by som rada poďakovala svojej rodine a blízkym za ich veľkú podporu a trpezlivosť.

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

OBSAH

ÚVOD.....	9
CIELE A METÓDY SPRACOVANIA PRÁCE.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 PRIEMYSELNÉ INŽINIERSTVO.....	12
2 ŠTÍHLY PODNIK.....	13
2.1 ŠTÍHLÁ VÝROBA.....	13
2.2 ŠTÍHLE PRACOVISKO.....	15
3 PLYTVANIE.....	16
3.1 OSEM DRUHOV PLYTVANIA.....	17
4 VÝROBNÝ A MONTÁŽNY LAYOUT BUNKY.....	18
4.1 PRIESTOROVÁ ŠTRUKTÚRA VÝROBNÉHO SYSTÉMU.....	18
4.2 ŠTÍHLA MONTÁŽNA BUNKA.....	18
4.3 VYHOVUJÚCE PRACOVNÉ POHYBY.....	20
5 METÓDY PRIEMYSELNÉHO INŽINIERSTVA.....	22
5.1 PROCESNÁ ANALÝZA.....	22
5.2 ŠPAGETOVÝ DIAGRAM.....	23
6 ZHRNUTIE TEORETICKEJ ČASTI – VÝCHODISKÁ PRE VYPRACOVANIE PRAKTICKEJ ČASTI.....	24
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	25
7 PREDSTAVENIE SPOLOČNOSTI.....	26
7.1 ORGANIZAČNÁ ŠTRUKTÚRA SPOLOČNOSTI.....	26
7.2 VÝROBNÝ SORTIMENT.....	27
7.3 AKTUÁLNY LAYOUT VÝROBNÝCH PRIESTOROV.....	27
8 ANALÝZA PRIEBEHU VÝROBY.....	30
8.1 PREDSTAVENIE POLOAUTOMATIZOVANEJ MONTÁŽNEJ LINKY.....	30
8.2 VÝROBNÉ ETAPY NA POLOAUTOMATIZOVANEJ MONTÁŽNEJ LINKE.....	31
8.3 VYBAVENIE POLOAUTOMATIZOVANEJ MONTÁŽNEJ LINKY.....	32
8.4 ANALÝZA PROCESU VÝROBY.....	35
8.4.1 Časové záznamy práce.....	35
8.4.2 Procesná analýza.....	40
9 IDENTIFIKÁCIA PLYTVANIA V USPORIADANÍ POLOAUTOMATIZOVANEJ MONTÁŽNEJ LINKY – ŠPAGETOVÝ DIAGRAM.....	43
9.1 PRÍPRAVA OPERÁCIE Č. 10.....	43
9.2 PRÍPRAVA OPERÁCIE Č. 40.....	44

9.3	PRÍPRAVA OPERÁCIE Č. 50.....	46
9.4	MAPA PLYTVANIA	48
10	NÁVRHY ELIMINÁCIE PLYTVANIA V USPORIADANÍ POLOAUTOMATIZOVANEJ MONTÁŽNEJ LINKY	49
10.1	RACIONALIZÁCIA LAYOUTU MONTÁŽNEJ LINKY	49
10.2	DOPLNENIE CHÝBAJÚCEHO VYBAVENIA	53
10.2.1	Príprava operácie č. 10	54
10.2.2	Príprava operácie č. 40	55
10.2.3	Príprava operácie č. 50	55
11	ZHRNUTIE PRAKTICKEJ ČASTI A EKONOMICKÉ ZHODNOTENIE	57
	ZÁVER	59
	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	60
	ZOZNAM OBRÁZKOV	62
	ZOZNAM TABULIEK	63
	ZOZNAM PRÍLÔH.....	64

ÚVOD

Táto bakalárska práca sa zaoberá aktuálnou situáciou vo výrobnom priemysle. V dnešnej dobe je v podnikoch žiadúce, aby prosperovali a neustále sa zlepšovali. Je požadovaná čo najlepšia efektívnosť procesov, kvalita výrobkov či rýchle dodanie. To má veľký vplyv na konkurencieschopnosť. Metódy a nástroje priemyselného inžinierstva pomáhajú podniku znižovať náklady ale aj efektívne plánovať a riadiť celú výrobu. Plytvanie sa môže vyskytnúť v každej výrobnej firme a práve rola priemyselného inžiniera tomu môže predísť. Cieľom práce je identifikovať možnosti eliminácie plytvania so zameraním na layout výrobných liniek a navrhnutie vhodných opatrení k odstráneniu zistených nedostatkov. Konkrétne sa práca zameriava na výrobu a montáž na poloautomatizovanej montážnej linke. Výsledkom tejto práce bude aj ekonomické zhodnotenie návrhov.

Práca sa skladá z dvoch hlavných častí, teoretickej a praktickej. V teoretickej časti sú spracované literárne poznatky vzťahujúce sa k oblasti priemyselného inžinierstva, hlavne štíhleho podniku a jeho súčastí kde patrí štíhla výroba a štíhle pracovisko. Ďalej je spracovaná definícia a rozdelenie plytvania, čo má za cieľ odstrániť čo najviac plytvania vo výrobe. V ďalšej kapitole je predstavený výrobný a montážny layout výrobných buniek a vyhovujúce pracovné pohyby pre pracovníkov. V závere teoretickej časti sú definované metódy priemyselného inžinierstva – špagetový diagram a procesná analýza, ktoré sú dôležitou súčasťou praktickej časti.

Z poznatkov v teoretickej časti je spracovaná praktická časť bakalárskej práce. Úvodom tejto časti je predstavenie vybranej spoločnosti, jej organizačnej štruktúry a aktuálneho layoutu výrobných priestorov. Ďalším krokom je spracovanie analýzy priebehu výroby – výrobného postupu a vybavenia pracovísk. Pre výrobný proces je vytvorená procesná analýza a časové záznamy jednotlivých operácií. V ďalšej kapitole je spracovaná identifikácia plytvania v usporiadaní poloautomatizovanej montážnej linky pomocou špagetového diagramu a mapy plytvania. Z závere tejto časti sú pripravené návrhy eliminácie plytvania, zhrnutie praktickej časti a ekonomické zhodnotenie.

CIELE A METÓDY SPRACOVANIA PRÁCE

Bakalárska práca je zameraná na identifikovanie možností eliminácie plytvania so zameraním na layout výrobnéj linky a navrhnutie vhodných opatrení k odstráneniu zistených nedostatkov. Analýza bude urobená prostredníctvom metód priemyselného inžinierstva – špagetového diagramu a procesnej analýzy. Ich predmetom bude identifikovať plytvanie vo výrobnom procese so zameraním na layout výrobnéj linky.

Základné informácie o pôvodnom stave linky budú získané pozorovaním súčasného stavu, získaním pôvodných náčrtov výrobného layoutu a časových záznamov jednotlivých operácií. Tieto informácie sa ďalej použijú v procesnej analýze, špagetovom diagrame, či návrhu nového výrobného layoutu.

Počas pozorovania výroby bude vybraných 14 časových záznamov, ktoré sú bez nejakých vážnejších komplikácií vo výrobe, aby bolo možné urobiť čo najpresnejší priemer záznamov v procesnej analýze.

Plytvanie bude odhalené v jednotlivých častiach analýzy, a to v procesnej analýze, v špagetovom diagrame a mape plytvania.

Po celom pozorovaní výroby budú predstavené návrhy eliminácie plytvania. V tejto časti bude navrhnutý aj nový layout výrobnéj linky, ktorý bude spracovaný v programe Creo Parametric . Ostatné nákresy layoutu sú spracované v programe AutoCAD. V závere bude zhrnutie praktickej časti a ekonomické zhodnotenie návrhov.

TEORETICKÁ ČÁST

1 PRIEMYSELNÉ INŽINIERSTVO

Ondra (© 2017) píše vo svojom článku o priemyselnom inžinierstve ako o interdisciplinárnom odbore, ktorého záujmom je projektovanie, zlepšovanie a aplikovanie integrovaných systémov ľudí, strojov, materiálov a energie. Cieľom je dosiahnutie čo najvyššej produktivity.

Vo firmách je možné stretnúť sa s rôznymi variantami útvaru priemyselného inžinierstva. Oddelenia zaoberajúce sa týmto odvetvím môžu tiež niesť názov (Dlabač a Pavelka, © 2015):

- procesné inžinierstvo;
- Engineering;
- zlepšovanie procesov;
- oddelenie Kaizen.

Pre pracovníkov týchto oddelení sú zase používané označenia (Dlabač a Pavelka, © 2015):

- procesný inžinier;
- manažér zmien;
- lean manažér;
- lean špecialista;
- Kaizen manažér apod.

API (© 2014-2021) charakterizuje prácu priemyselného inžiniera ako cieľavedomé zvyšovanie ziskovosti, produktivity a kvality prostredníctvom zlepšovania procesov a odstraňovania odpadu vo všetkých oblastiach podnikania. Ak sa vyskytnú problémy v podniku, priemyselný inžinier ich má riešiť s rozvahou a vždy brať do úvahy komplexné riešenia problémov. Zároveň definuje, že priemyslové inžinierstvo je možné chápať ako hľadanie spôsobu vykonávania a riadenia podnikových procesov jednoduchším, kvalitnejším, rýchlejšim a lacnejším spôsobom.

2 ŠTÍHLÝ PODNIK

Podľa Chromjakovej (2013, s. 33) pojem „lean“ teda v preklade „štíhly“ neznačí iba zlepšovanie procesov, ale vychádza z predpokladu, že všetky firemné hodnoty, ktoré nepridávajú hodnotu zákazníčkovi, sú označované ako plytvanie. Preto hlavnou myšlienkou štíhleho riadenia podniku je zbaviť sa všetkého prebytočného. Podnik musí usilovať o elimináciu zbytočných nákladov, za ktoré nie je zákazník ochotný zaplatiť.

Svozilová (2011, s. 32) píše o štýle „lean“ ako o jednoduchom, veľmi priamočiarom myslení, ktoré môže pripomínať takzvaný „sedliacky rozum“, teda používanie logického myslenia v systematickom usporiadaní a metodologickej aplikácii na proces.

V štíhlom podniku je použitie metodológie Lean podľa Svozilovej (2011, s. 33) tam, kde je potreba zvýšenia výkonnosti procesu a zníženie operačných nákladov. Pozorovať tieto zmeny je možné napríklad v znížení zásob, zmenšení rozlohy výrobných priestorov alebo úsporou práce. Táto metodológia sa používa hlavne tam, kde je potrebné zjednodušenie procesov a kde je potreba skrátiť dobu medzi vstupom produktu do procesu a jeho výstupom do ďalšieho procesu či priamo zákazníkovi.

Rother (2017, s. 69) vo svojej knihe uvádza vízie spoločnosti Toyota v oblasti výroby. Ich súčasťou sú tieto prvky:

- nulové vady;
- stopercentná pridaná hodnota;
- tok jedného kusu;
- istota a bezpečie pre ľudí.

Aby bola výroba v najvyššej kvalite, s najnižšími nákladmi a s čo najkratšou dodacou lehotou, spoločnosť tieto prvky označuje ako súčasť ideálnych podmienok. Táto vízia predstavuje synchronizovaný tok jedného výrobku za druhým. (Rother, 2017, s. 70)

2.1 Štíhla výroba

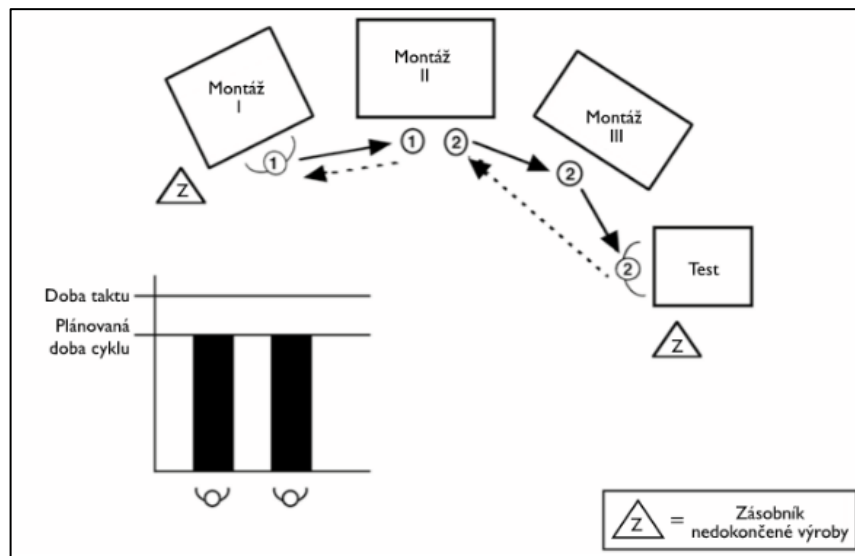
V knihe „*Toyota Kata: Systematickým vedením lidí k výjimečným výsledkům*“ sa uvádza nový pohľad na postupy štíhlej výroby ako príklady pre uvedenie do problematiky cieľových stavov, ktoré vymedzujú žiaduce budúce stavy. Spoločnosť Toyota nezačne so zlepšovaním procesu alebo postupom skôr, pokiaľ nemá definovaný cieľový stav. Je to dôležité pre efektívne zlepšovanie a riadenie procesu. Tým pádom sa celé úsilie venuje skutočným

potrebám, než rôznym teoretickým nápadom a názorom. Rother (2017, s. 97-116) ďalej uvádza a charakterizuje zvlášť tieto postupy štíhlej výroby:

- doba taktu;
- tok 1x1 (plynulý tok);
- heidžunka (vyrovnávanie výroby);
- kanban (systém ťahu).

Doba taktu: vyjadruje mieru dopytu zákazníkov po produktoch, ktoré sú vyrobené jedným procesom. Väčšinou je použitie pri montážnych procesoch, ktoré slúžia pre externých zákazníkov.

Tok 1x1: pre filozofiu spoločnosti Toyota je vhodnejšie usporiadanie montážneho procesu formou 1x1, keďže je pre ňu dôležité dlhodobé prežitie cestou neustáleho zlepšovania. Tento tok odhaľuje problémy a upozorňuje na to, na čo sa treba zamerať. Nie je len súčasťou ideálneho stavu, ale je prostriedkom, prostredníctvom ktorého sa k takému stavu môžeme dopracovať.



Obrázok 1 Montážny proces (Rother, 2017, s. 104)

Heidžunka: významom je poskytnutie určitého vzoru, inými slovami cieľového stavu. Je to niečo, o čo môže byť snaha dosiahnuť to, na čom by sa malo pracovať.

Kanban: Systém ťahu je systémom spoločnosti Toyota a je to alternatívny prístup k riadeniu výroby. Zmyslom tohto systému je riadiť výrobný proces tak, aby sa vyrábalo iba to, čo je potrebné a keď je to potrebné. Tento systém pomáha odhaľovať v procese na čom treba pracovať a čo treba zlepšovať.

Tomek a Vávrová (2014, s. 66-67) popisujú ciele metód, ktoré bývajú označované podľa realizátora či základných nositeľov informácii:

- Skrátenie priebežnej doby výroby, čo prináša lepšiu produktivitu. Znamená to hlavne viac vyrobených produktov a väčší priestor pre riešenie potrieb zákazníkov.
- Znižovanie zásob priamo vo výrobe, nedokončenej aj rozpracovanej. Patria sem aj zásoby hotových produktov, čo znamená zvýšenie obratu kapitálu.
- Znižovanie výrobných nákladov sa prejaví v cene produktu. Je to konkurenčná výhoda vo vzťahu k zákazníkovi.
- Zvýšenie kvality sa prejaví v menšej chybovosti, znížení nadmernej doby výroby, skráteniu pracovných operácií a iných zdrojov.
- Zmenšenie výrobných priestorov, ktoré môžu byť poskytnuté priamym dodávateľom.

Tomek a Vávrová (2014, s.67) ďalej tvrdia, že cieľom štíhlej výroby je nadbytočné činnosti odstrániť a znížiť. K tomu je nápomocný japonský prístup, ktorý definuje tieto straty ako plytvanie, v japončine pod názvom „muda“.

2.2 Štíhle pracovisko

Podľa Myšku (© 2017, s. 38) sú základné charakteristiky štíhleho pracoviska:

- optimálny materiálový tok;
- pohyby pracovníka;
- flexibilita pracoviska;
- nulové plytvanie;
- minimálny pracovný priestor;
- ergonómia;
- štandardizácia;
- efektivita stroja;
- vizualizácia.

3 PLYTVANIE

Svět produktivity (© 2012) definuje, že plytvanie predstavuje všetko to, čo sa v podniku vykonáva, nepridáva hodnotu jak výrobku tak službe, za ktorú je zákazník ochotný zaplatiť. Plytvanie sa tým môže stať trvalou stratou, ktorá nevedie k efektívite a znižuje zisk. Jeho eliminácia neznamená iba finančný profit, ale i zlepšenie pracovného prostredia či lepšiu bezpečnosť pri práci.

Ako základné formy plytvania označujeme takzvané 3M (Svět produktivity, © 2012):

- MUDA – plytvanie
- MURA – nepravidelnosť
- MURI – preťažovanie

Odstraňovanie plytvania z podnikových procesov podľa Košturiaka (2010, s. 11) znamená tiež skracovanie ich doby trvania, kratšiu priebežnú dobu, rýchlejšiu obsluhu zákazníka, rýchlejšie zinkasovanie peňazí a lepší cash flow. Tieto dôsledky odstránenia plytvania sú dôležité pre prežitie firmy v dnešnej dobe.

Táto seminárna práca sa zaoberá identifikáciou plytvania vo výrobnom procese, teda ďalej je detailnejšie popísaný typ plytvania MUDA.

Dennis (2015, s.29) vysvetľuje pojem Muda. Je to Japonské slovo, preklade znamená odpad, mrhať alebo akúkoľvek činnosť, za ktorú zákazník nie je ochotný zaplatiť. Zákazník je ochotný platiť za plech, ktorý sa bude rezať, ohýbať, zvärať a natierať, ale nie za čakanie, prepracovanie či iné formy mudy.

Pohyb človeka je rozdelený v spojení s prácou vo výrobe do troch kategórií (Dennis, 2015, s.29):

- Hlavná práca (Actual work): odkazuje na akýkoľvek pohyb, ktorý pridáva hodnotu produktu alebo službe.
- Pomocná práca (Auxiliary work): Pohyb, ktorý podporuje hlavnú činnosť. Zvyčajne sa vyskytuje ako prípravná činnosť pred alebo dokončovacie aktivity po hlavnej činnosti. Napríklad: nastavenie stroja či odkladanie materiálu.
- Muda: činnosť teda aj pohyb, ktorý nevytvára žiadnu hodnotu produktu.

3.1 Osem druhov plytvania

MUDA sa ďalej člení na sedem druhov plytvania, ktoré pôvodne identifikoval Taiichi Ohno (Walker a kolektív, 2019, s. 342):

1. Nadprodukcia
2. Čakanie
3. Transport
4. Prepracovanie
5. Zásoby
6. Zbytočný pohyb zamestnancov
7. Výroba chybných dielov

Neskôr však Ohno identifikoval ôsmy druh, nedostatočné využitie ľudského potenciálu. (Walker a kolektív, 2019, s. 342)

Charakteristika jednotlivých druhov plytvania (Duffy a Furterer, 2020, s. 125):

1. Nadprodukcia: výrobky sa vyrábajú v nadmernom množstve alebo sa vyrábajú skôr, než ich zákazník potrebuje.
2. Čakanie: Nečinnosť v nasledujúcom procese, ktorá nastáva, pretože predchádzajúca činnosť nebola dokončená včas.
3. Transport: zbytočný pohyb materiálov alebo dvojité manipulácie.
4. Prepracovanie: Venovanie viac času výrobe alebo službe než je potrebné.
5. Zásoby: akýkoľvek nadbytočný inventár, ktorý nie je priamo potrebný pre objednávku klienta.
6. Zbytočný pohyb zamestnancov: zamestnanci vykonávajú viac pohybu či krokov pre prispôbenie sa neefektívnemu usporiadaniu procesov alebo layoutu.
7. Výroba chybných dielov: chyby vzniknuté počas výroby produktu zapríčinené chybovosťou stroja alebo ľudským pochybením.
8. Nedostatočné využitie ľudského potenciálu: nedostatočné využitie schopností ľudí: mentálne, tvorivé zručnosti či skúseností zamestnancov.

4 VÝROBNÝ A MONTÁŽNY LAYOUT BUNKY

Definoval Myška (© 2017, s. 68) ako usporiadanie strojov, zariadení, nástrojov, meradiel a úložných miest v priestore výrobnnej alebo montážnej bunky podľa pravidiel štíhlej výroby. Tok materiálu sa určuje väčšinou proti smeru hodinových ručičiek. Vzdialenosť medzi jednotlivými pracoviskami je čo najmenšia, pokiaľ to ale dovoľujú pravidlá ergonómie. Vstupná a výstupná operácia je umiestnená blízko pri sebe.

4.1 Priestorová štruktúra výrobného systému

Podľa Jurovej a kolektívu (2016, s.132) sa výroba dielov a montážnych celkov člení na operácie, ktoré patria na špecializované pracoviská či výrobné úseky. Všetky typy materiálov sa pohybujú v procese podľa technologických predpisov a podľa rozmiestnenia výrobných zariadení. Pohyb je ovplyvnený smerom, intenzitou a frekvenciou toku.

Pracovisko môže byť rozmiestnené v troch formách (Jurová a kolektív, 2016, s.132–134):

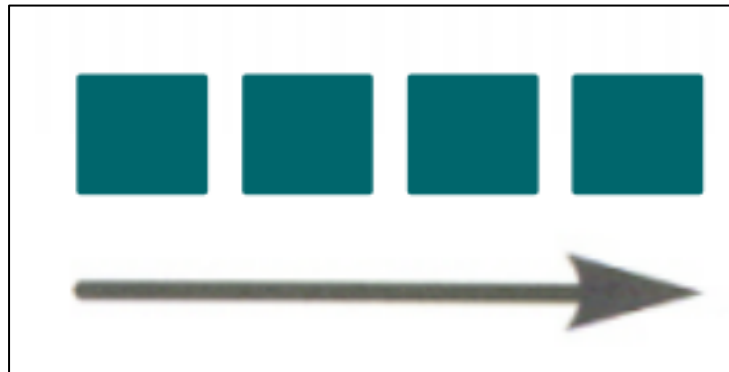
- Technologické (skupinové) usporiadanie: zameriava sa na usporiadanie výrobných operácií podľa príbuznosti procesu (napr. kovanie v kováčskej dielne, montáž v montážnej dielne). Nevýhodou môže byť zhromažďovanie zásob či zložité plánovanie.
- Predmetné usporiadanie: orientuje sa na výrobok, pre ktorý sa vytvárajú menšie jednotky pre kompletné spracovanie celého výrobku alebo jeho častí. Riziko je hlavne pri zmene výrobného programu, kedy vzniká problém využitia výrobných základne a jej kapacity.
- Bunkové usporiadanie: je spojenie kladných vlastností technologického a predmetného usporiadania výrobného systému. Poskytuje výrobu viacerých druhov výrobkov v malých až stredných objemoch. Vyrába sa linkovým spôsobom, kde sú spojené technologicky rozdielne stroje, na ktorých je možné spracovať veľmi príbuzné komponenty.

4.2 Štíhla montážna bunka

Myška (© 2017, s. 7) definoval montážnu bunku ako zloženie dvoch a viac operácií alebo pracovísk, ktoré sú určené pre vybraný počet finálnych výrobkov. Je to funkčná jednotka výrobnjej prevádzky nazývaná aj ako mini-factory. Montážne bunky môžu mať dve úrovne a to pred-montážnu a bunku finálnej montáže.

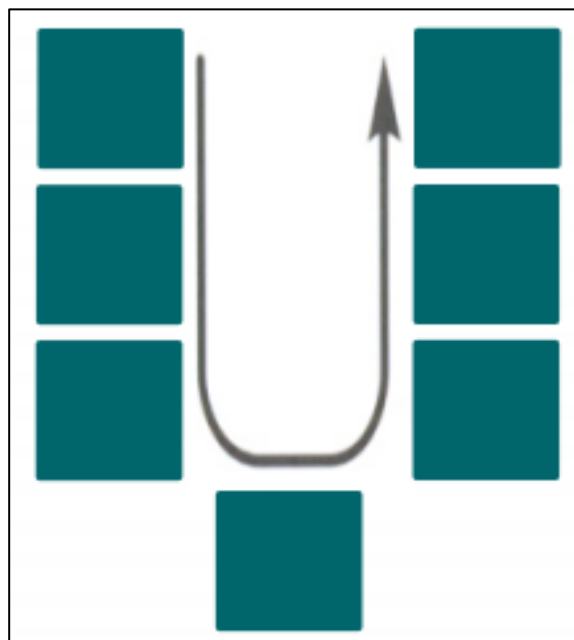
Ďalej rozdelil Myška (© 2017, s. 7) jednotlivé tvary výrobných buniek:

- **Priamy tok:** veľmi jednoduchý, výhodou je nehromadenie v bode vstupu a výstupu.



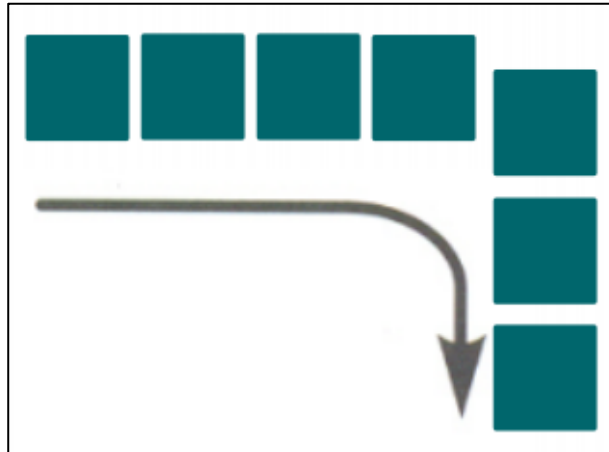
Obrázok 2 Priamy tok (Myška, © 2017, s. 64)

- **Tvar písmena „U“:** je najpoužívanejší tvar, má vstupný a výstupný bod blízko pri sebe. Pracovníci tak môžu lepšie medzi sebou komunikovať.



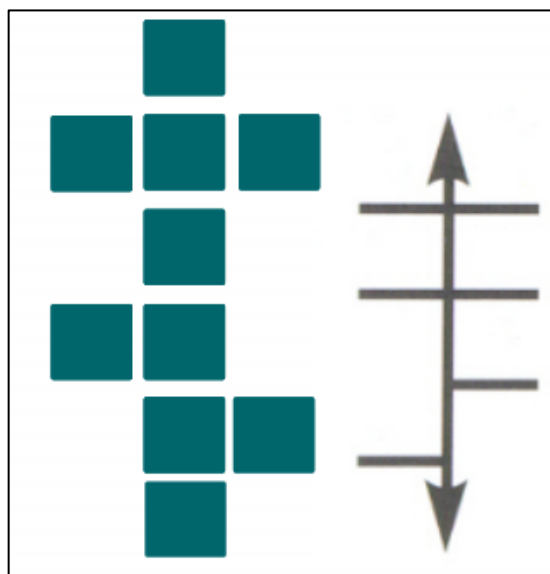
Obrázok 3 Usporiadanie v tvare písmena „U“ (Myška, © 2017, s. 67)

- **Tvar písmena „L“:** je vhodný pre linku zloženú z väčším počtom operácií na limitovanom priestore. V rohu linky sa často umiestňujú nebezpečné a ťažko premiestniteľné zariadenia, aby boli izolované.



Obrázok 4 Usporiadanie v tvare písmena „L“ (Myška, © 2017, s. 65)

- **„Spine“ tvar:** v preklade tvar „chrbtice“. Tento tvar je vhodný pre bunky s veľkou variabilitou výrobného procesu.



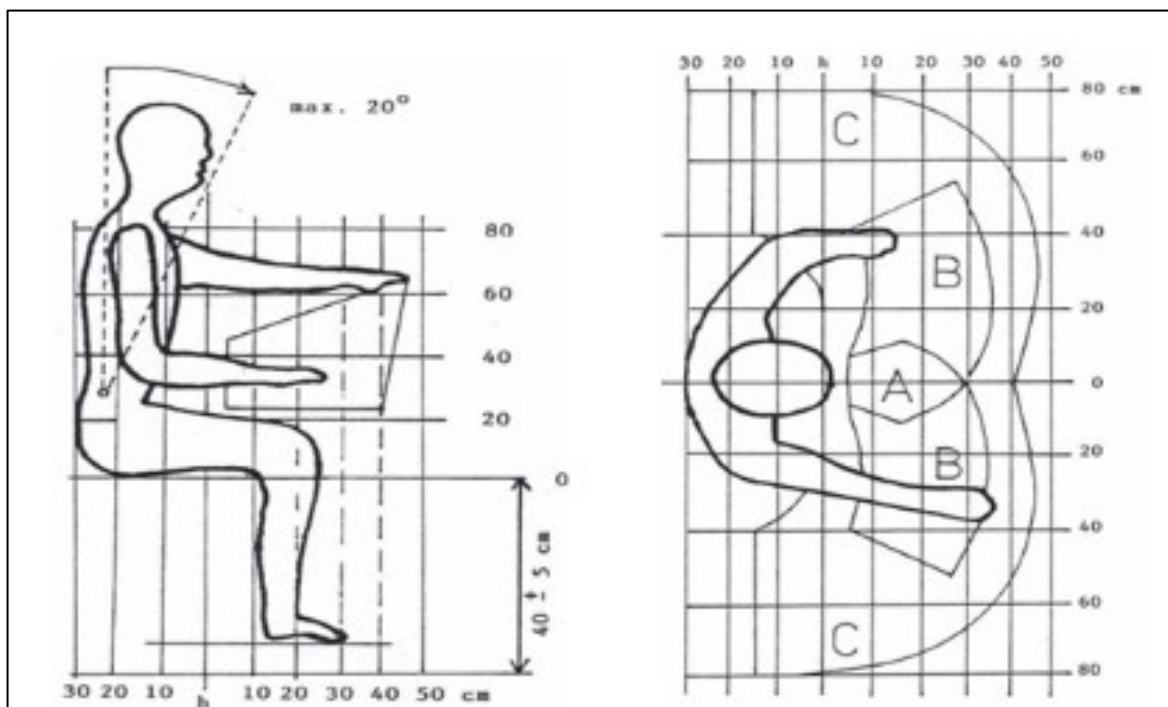
Obrázok 5 Usporiadanie v tvare „spine“ (Myška, © 2017, s. 66)

4.3 Vyhovujúce pracovné pohyby

Pracovné pohyby podľa Znalostného systému prevencie rizik v BOZP (© 2016 – 2020) sa majú vykonávať v takej miere, aby nepoškodili fyzické zdravie pracovníka. Pri práci s oboma rukami je potreba zaistenia rovnomerného pracoviska tak, aby pracovník dokázal vykonávať prácu oboma rukami súčasne a stredy dlaní by mal mať pri výkone práce súmerne s rovinou svojho tela.

Ergonómia pracovného miesta definuje tieto 3 oblasti pracovných pohybov (zsbozp, © 2016 – 2020):

- Oblasť A – časté a presné pohyby (20 až 40 krát za osemhodinovú zmenu);
- Oblasť B – pohyby oboch predlaktí, pri manipulácii s predmetmi a nástrojmi bez nutnosti zmeny základnej pracovnej polohy, mierne predkláňanie či pohyb do strán;
- Oblasť C – maximálny dosah – menej časté a pomalšie pohyby a nutnosť otáčania trupu.



Obrázok 6 Vyhovujúce pracovné pohyby (zsbozp, © 2016–2020)

5 METÓDY PRIEMYSELNÉHO INŽINIERSTVA

Podľa API (© 2005-2020), pri budovaní štíhleho podniku pomáha celá rada metód z oblasti priemyselného inžinierstva a lean. Tieto podporné prostriedky majú za cieľ zmeniť myslenie či spôsob práce. Preto pre neustále zlepšovanie v podniku je dôležité poznať tieto metódy a nástroje. Z obrovského množstva sú známe a často používané: 5S, JIT - Just in Time, Kanban, MOST - Maynard Operation Sequence Technique, Poka – Yoke, Procesná analýza, SMED - Single Minute Exchange of Die a mnoho ďalších. Patrí sem aj špagetový diagram, ktorý je v práci aplikovaný v analýze pracoviska.

5.1 Procesná analýza

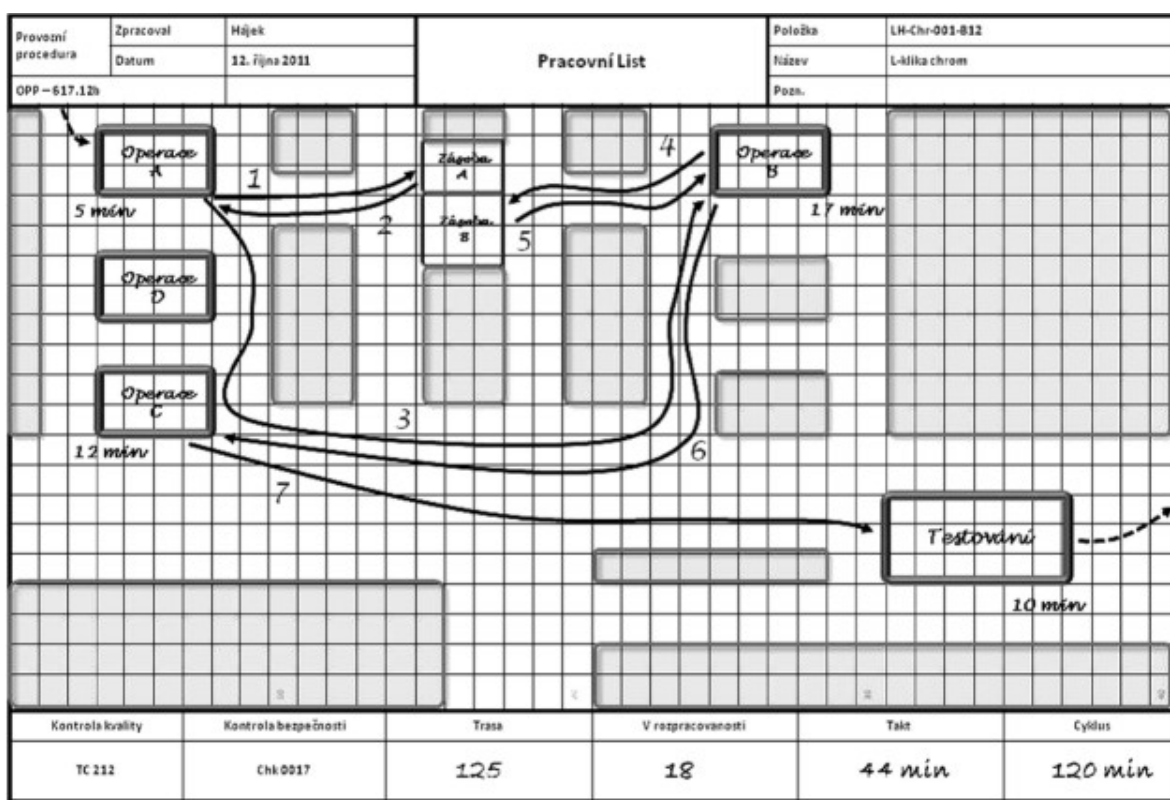
Dlabač (© 2015) definoval procesnú analýzu ako metódu, pomocou ktorej sa identifikuje plytvanie v procese, napríklad v podobe nadbytočnej manipulácie. Používa sa aj ako podklad pre optimalizáciu toku materiálu a layoutu jednotlivých pracovísk. Zameriava sa na operácie, ktoré obsahujú časté presúvanie materiálu, čakanie alebo prekážky. Výsledkom procesnej analýzy je diagram, ktorý zobrazuje postupnosť operácií vo výrobnom procese. Jednotlivé operácie sú v ňom znázornené symbolmi ako sú: samotná operácia, čakanie, kontrola, skladovanie či transport.

	operace	Změna tvaru nebo charakteristik materiálu, polotovaru, produktu.
	transport	Změna umístění materiálu, polotovaru nebo produktu.
	skladování	Plánované shromažďování materiálů, polotovarů, součástí a produktů.
	čekání	Neplánované shromažďování materiálů, polotovarů, součástí a produktů.
	kontrola množství	
	kontrola kvality	

Obrázok 7 Symboly procesnej analýzy (API, © 2005-2020)

5.2 Špagetový diagram

Pre prehľadné zaznamenanie priestorového rozloženia jednotlivých krokov a ich časový sled je v práci použitý špagetový diagram. Podľa Svozilovej (2011, s. 133) prostredníctvom tejto metódy sa dá zistiť kde je potrebné zjednodušiť či minimalizovať nadmerný pohyb ľudí i materiálu po pracovisku. Mimo výrobu to môže byť pohyb dokumentov, ktoré sa spracovávajú viacnásobne. Tento typ diagramu sa používa hlavne tam, kde je potrebné vedieť väzbu výkonu na pracovníka alebo lokalitu. Používaný je na úradoch, v obchodných strediskách alebo pri organizácii výrobných dielní malosériovej výroby s veľkým počtom operácií.



Obrázok 8 Špagetový diagram (Svozilová, 2011, s. 134)

6 ZHRNUTIE TEORETICKEJ ČASTI – VÝCHODISKÁ PRE VYPRACOVANIE PRAKTICKEJ ČASTI

Prostredníctvom literárnych zdrojov boli spracované teoretické poznatky v teoretickej časti bakalárskej práce. Zamerané boli na štíhly podnik, výrobu a pracovisko. Tiež sa týkajú výrobného layoutu, plytvania vo výrobe či metód priemyselného inžinierstva. Všetky tieto informácie sú dobrým základom pre spracovanie praktickej časti práce.

V prvej kapitole je predstavená rola priemyselného inžinierstva v priemyselnom podniku. Opísaná je jeho pozícia útvaru v rámci organizačnej štruktúry, náplň práce, zodpovednosť a právomoc. Taktiež bol spomenutý aj spôsob hodnotenia práce priemyselného inžiniera. Ďalšia kapitola sa zaoberala štíhlym podnikom, štíhlou výrobou a štíhlym pracoviskom. V tejto časti boli tiež spomenuté postupy štíhlej výroby – doba taktu, tok 1x1, heidžunka či kanban. Nemohli chýbať ani základné charakteristiky štíhleho pracoviska.

Treťou kapitolou bolo zhrnuté plytvanie vo výrobe. Presnejšie sa charakterizovalo osem druhov plytvania. Taktiež samostatnou kapitolou bola charakteristika výrobného a montážneho layoutu bunky spolu s priestorovou štruktúrou výrobného systému, štíhlej montážnej bunky a vyhovujúcimi pracovnými pohybmi.

Teoretickú časť v štvrtej kapitole uzavreli metódy priemyselného inžinierstva – procesná analýza a špagetový diagram.

PRAKTICKÁ ČÁST

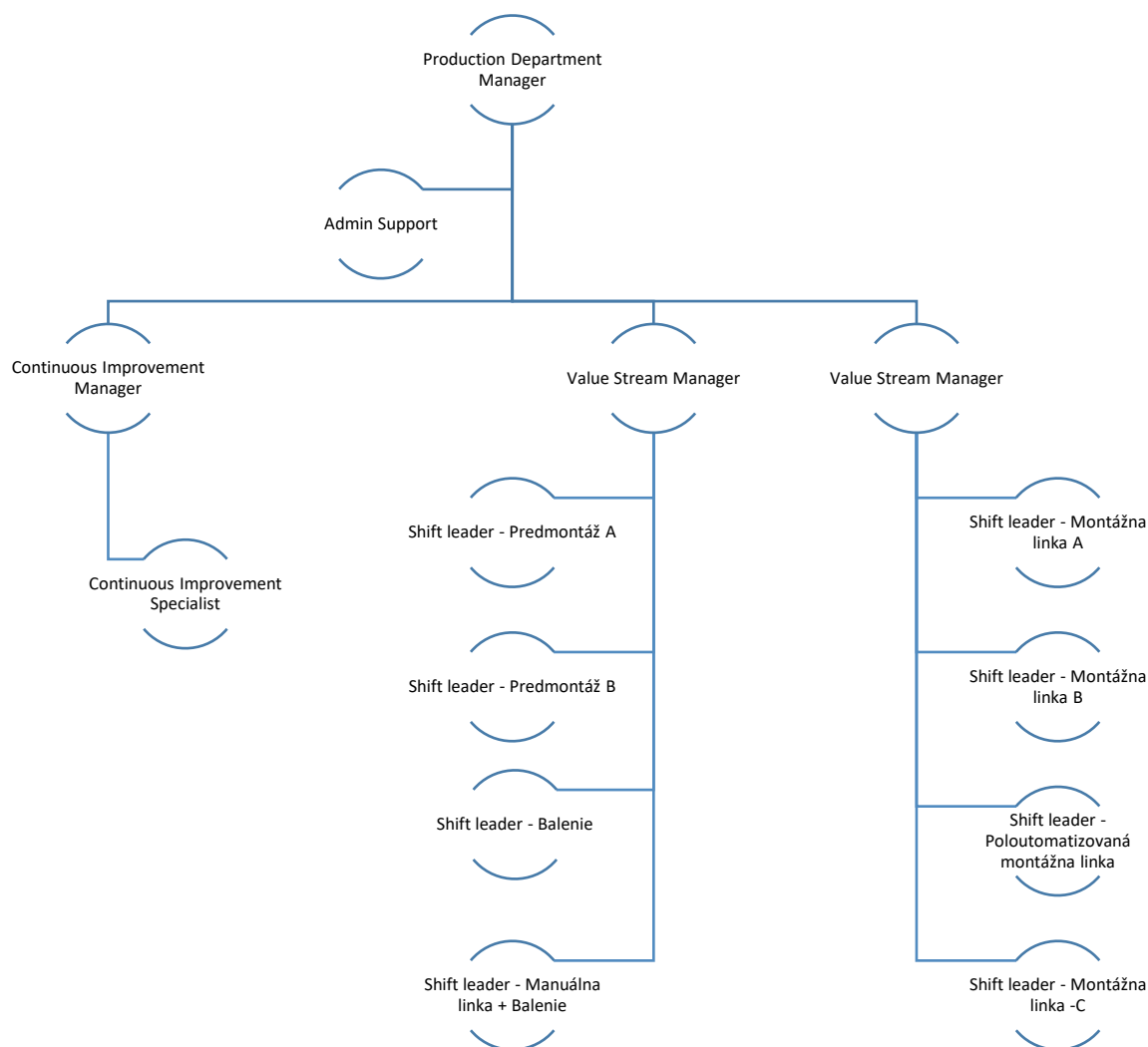
7 PREDSTAVENIE SPOLOČNOSTI

Sídlo spoločnosti bolo založené v roku 2008. Spoločnosť má v súčasnej dobe okolo 800 zamestnancov a je súčasťou svetového koncernu. Je to moderné technologické centrum pracujúce na vývoji a inováciách. Vďaka svojmu výrobnému programu má spoločnosť vedúce postavenie v danom odbore. Za základný pilier úspechu považujú svojich zamestnancov, vďaka ich motivácii a odhodlaniu. Táto spoločnosť spolupracuje s komunitou vedcov a technologických inovátorov. Je partnerom svetových lekárskejších a vedeckých kapacít. Činnosť firmy je zameraná hlavne na moderné zariadenia pre oblasť minimálne invazívnej chirurgie. V digitalizácii a miniaturizácii endoskopie zaujíma z hľadiska inovácie vedúce postavenie v odbore. Využíva systém riadenia kvality, ktorý odpovedá medzinárodným štandardom EN ISO 9001.

7.1 Organizačná štruktúra spoločnosti

Na vrchole organizačnej štruktúry stojí prevádzkový riaditeľ spoločnosti. Ďalej má spoločnosť ďalších 9 oddelení, ktoré majú vlastných manažérov. Najväčšími oddeleniami z hľadiska počtu zamestnancov sú Výroba, Logistika a Engineering.

Každé výrobné oddelenie má svojich operátorov a senior operátorov, a aj svojho Shift Leader – vedúceho zmeny. Priamy nadriadený vedúcich zmeny je Value Stream Manager. Vo výrobe je zaradený aj Continuous Improvement Manager spolu s Continuous Improvement Specialist. Je to útvar starajúci sa o neustále zlepšovanie výrobných procesov.



Obrázok 9 Organizačná schéma podniku (vlastné spracovanie na základe interných materiálov)

7.2 Výrobný sortiment

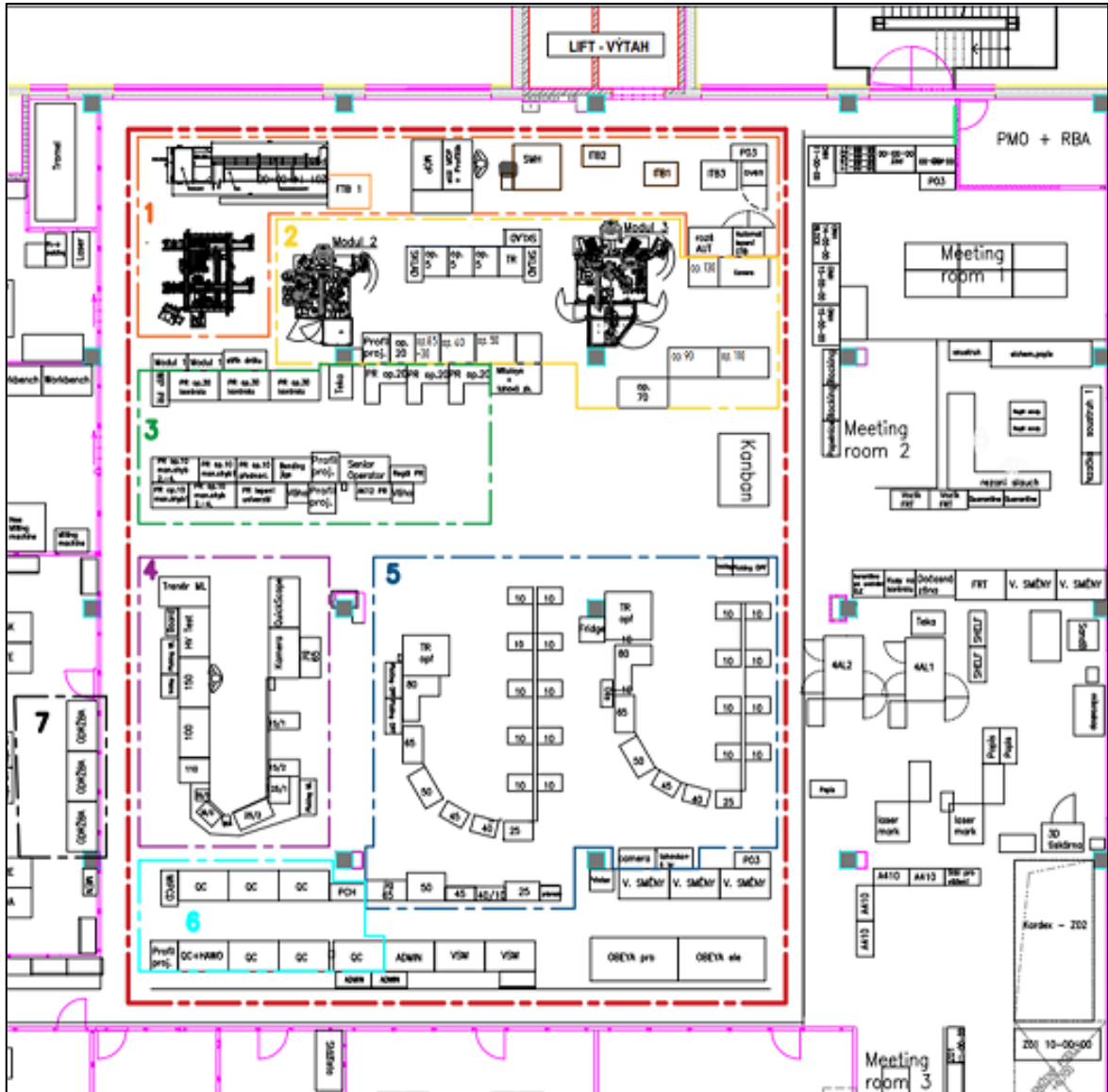
Spoločnosť je novým technologickým centrom pre oblasť vývoja a výroby lekárskeho produktov. Výrobná činnosť je zameraná predovšetkým na endoskopické prístroje, nástroje a ďalšie moderné zariadenia pre oblasť minimálne invazívnej chirurgie.

7.3 Aktuálny layout výrobných priestorov

Budova spoločnosti je uznávaná ako stavba s vysokou ekologickou šetrnosťou k životnému prostrediu. Na prvý pohľad zaujme železobetónovou konštrukciou s výborným zateplením a je vybavená solárnymi kolektormi pre ohrev vody. Po vstupe do budovy na recepciu je

možnosť prezentácie výrobkov a firemných predností pre návštevy. Prízemie tvoria kancelárie inžinierov výroby, čisté priestory pre výrobu, balenie výrobkov a oddelenie logistiky. Výrobná časť firmy, ktorou sa zaoberá táto bakalárska práca, sa nachádza na prvom poschodí spoločnosti. Táto časť je centrom celého poschodia, okolo ktorej sa nachádzajú ďalšie kancelárie, zasadačky, kuchynka, šatne a rôzne sklady. Prízemie a prvé poschodie je prepojené výtahovým systémom - Kardex Shuttle. V schéme (viz obr. 10) je výrobná časť označená červenou zónou. Skladá sa z viacerých oddelení, ktoré sú očíslované a tiež ohraničené farebnou zónou. Pre lepšie zobrazenie layoutu je v prílohe P I. formát A3.

1. Po vystúpení z výtahu sa po celej dĺžke rozprestiera oddelenie strojov označená oranžovým ohraničením.
2. Žltá časť je poloautomatizovaná montážna linka.
3. Hneď vedľa je zelená časť a tou je predmontáž.
4. Vedľa je už novo prerobená manuálna linka a tá je označená fialovou farbou.
5. Ostávajú už len dve, takmer identické montážne linky A a B. Tie sú označené modrou farbou. Oproti linke B sú odložené stroje na výmenu, ktoré sa používajú na iné typy výrobkov.
6. V poslednej tyrkysovej časti je konečná kontrola kvality.
7. Hneď cez chodbu v kancelárii sa nachádza údržba, ktorá je pri poruchách vždy k dispozícii.

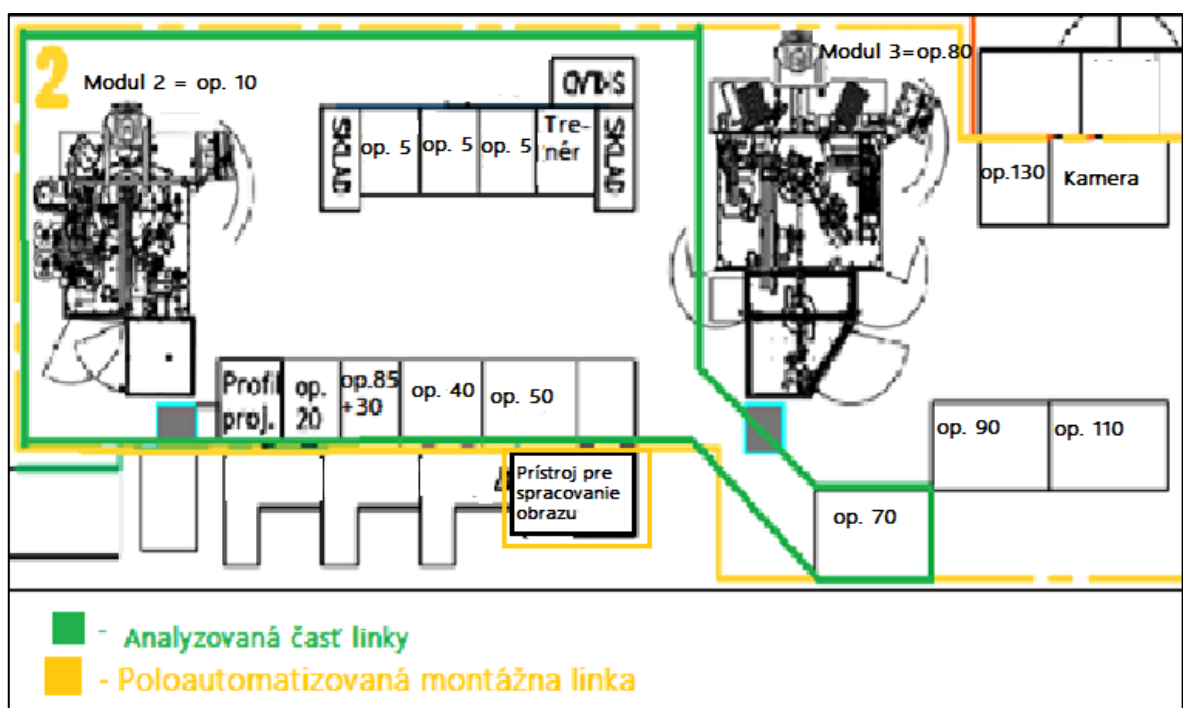


Obrázok 10 Layout (vlastné spracovanie na základe interných materiálov spoločnosti)

8 ANALÝZA PRIEBEHU VÝROBY

Analyzovaná bude poloautomatizovaná montážna linka. Táto linka bola vybraná, pretože ako jediná z opisovaného výrobného priestoru neprešla racionalizáciou. Dôvodom je aj neustála modernizácia firmy. Záleží jej hlavne na zjednodušení, zrýchľovaní procesov a zlepšovaní pracovného prostredia. Z hľadiska pozorovateľa vidí autor veľký potenciál na zlepšenie layoutu linky, a tým pádom aj ušetrenie priestoru vo výrobnej hale, či elimináciu zbytočných pohybov operátorov.

8.1 Predstavenie Poloautomatizovanej montážnej linky



Obrázok 11 Poloautomatizovaná montážna linka
(vlastné spracovanie na základe interných materiálov)

Celá linka je označená žltou farbou (viz obr. 11). Na výrobnéj linke sa nachádzajú prístroje, stroje, automatické stroje na montáž a zváranie, ručné meradlá, kamerové meracie prístroje, mikroskop a rôzne iné pomôcky pre výrobu či kontrolu. Na montážnej linke pracuje jeden vedúci zmeny, senior operátor a sedem operátorov, ktorí majú za úlohu montáž výrobkov. Pracujú v jednozmennej osemhodinovej prevádzke, výnimočne sa vyskytne aj popoludňajšia zmena. Montážna linka funguje dávkovou výrobou. Plán montáže na jeden pracovný týždeň je stanovený na 3 zákazky v objeme po 1000 kusov. Tento plán sa zvykne meniť v závislosti od dopytu.

Montuje sa šesť typov výrobkov, ktoré majú takmer rovnaký postup montáže. Označenie výrobkov je – V1, V2, V3, V4, V5 a V6. Najčastejšie sa vyrábajú výrobky V1 a V2, ostatné nie veľmi často. Je to z dôvodu veľkého dopytu po týchto dvoch výrobkoch. Všetky spomenuté výrobky majú takmer identický postup montáže. Rozdiel je jedine v používaní výmenných prípravkov podľa typu a pre dva z nich je použitý navyše špeciálny lis. Na linke sa vyrába aj jeden komponent z výrobku – izolačné trubičky. Na skladovanie výrobných objednávok má linka dva vlastné regály a jeden kanbanový regál s úložným priestorom pre materiál. Vedúci zmeny má svoje pracovné miesto pár metrov od linky.

Číslovanie jednotlivých operácií ako je vidieť (viz obr. 11), je hlavne podľa zvyklosti v podniku – obkročné číslovanie. Výhodou je možnosť vloženia chýbajúceho čísla, bez zmeny značenia aktuálnych operácií. Operácie sú označené číslami – 5, 10, 20, 30, 40, 50, 70, 80, 85, 90, 110 a 130. Analýza možností zefektívnenia montážnej linky je urobená od operácie č. 5 po č. 70. Táto časť linky je zvýraznená zelenou farbou (viz obr. 11). Na ostatných operáciách 80, 85, 90, 110 a 130 v čase analýzy už pracoval tím inžinierov. Zefektívnil layout a operáciu 110 a 130 zlúčili do jednej označenú číslom 110. Táto zmena je zobrazená v návrhu layoutu montážnej linky kap. 10.1.

8.2 Výrobné etapy na poloautomatizovanej montážnej linke

V analýze bude pozorovaný výrobok V1, ktorý je najviac vyrábaný na tejto linke. Výrobok vstupuje na montážnu linku z predzhotovujúcej linky, kde sa výrobok vo forme drôtu ohýba na požadovaný tvar. Ďalej pokračuje v transformácii na finálny produkt na montážnej linke (viz tab. 1):

Tabuľka 1 Výrobné etapy (vlastné spracovanie)

Číslo a názov operácie	Popis operácie
5 – montáž izolačných trubičiek	Na V1 sa manuálne navlieka izolačný materiál – izolačné trubičky, podľa požadovaných charakteristík. Každý kus po montáži operátor skontroluje hodinárskou lupou s 10 násobným priblížením. Následne kus skontroluje kontrolným kalibrom.
10 – výroba na module 2	V1 pokračuje ďalej do Modulu 2, kde sa naňho montuje ďalší komponent – kovové trubičky. Tento komponent spolu s kusom sa v automatickom stroji ďalej ohýba a zvara. Stroj obsluhuje operátor, ktorý kusy do stroja nakladá, vyberá, kontroluje

	a nastavuje stroj. Tento stroj zároveň s montážou kusu vyrába aj izolačné trubičky. Tie stroj naseká podľa požadovanej dĺžky. Montujú sa na predchádzajúcej operácii.
20 – krátenie izolačných trubičiek	Izolačný materiál sa následne skráti pomocou manuálneho prístroja na krátenie.
30 – vizuálna kontrola po výrobe na Module 2	Na tejto operácii prebieha vizuálna kontrola V1. Konkrétne sa kontrolujú hodinárskou lupou s 15 násobným priblížením zvary. Kontroluje sa ich správnosť podľa stanovených požiadaviek.
40 – krimpovanie trubky	Na V1 sa ďalej montuje ďalší komponent – kovová trubka. Tento komponent montuje operátor prostredníctvom stroja.
50 – lepenie hlavnej izolačnej trubičky	Ďalšou montážou V1 je lepenie hlavnej izolačnej trubičky. Tú operátor pomocou robotického stroja navlečie spolu so silikónom na V1. Následne stroj odreže nadbytočný izolačný materiál automatickým rezným kotúčom. Operátor po odrezaní skontroluje hodinárskou lupou s 10 násobných priblížením správnosť výrobku. Výrobky po lepení musia 8 hodín schnúť odložené v regáli.
70 – vizuálna kontrola po lepení	Po viac ako 8 hodinách nasleduje vizuálna kontrola V1 mikroskopom pre spracovanie obrazu. Kontroluje sa správnosť prítomnosti lepidla, ktorú operátor skontroluje mikroskopom.

Ďalej pokračuje výrobok na operácie č. 80, 85, 90, 110 a 130. Po operácii 130 sa stáva finálnym produktom a pokračuje na finálnu kontrolu a balenie. Potom sa výrobok posieľa na sterilizáciu až ku konečnému zákazníkovi.

8.3 Vybavenie poloautomatizovanej montážnej linky

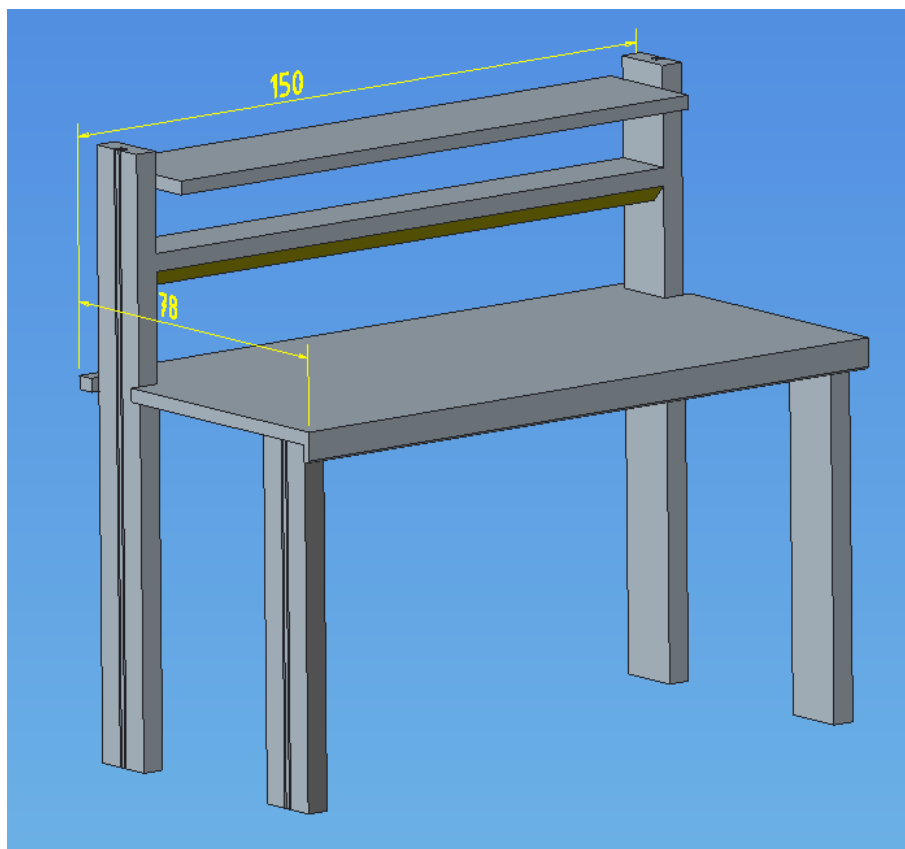
Ďalej je v práci opísané vybavenie analyzovanej časti montážnej linky. Linka je zložená z pracovných stolov (viz. obr. 11, kap. 8.1), samostatne stojacieho profilového projektoru, a ďalších dvoch stolov, na ktorých sú kamerové meracie systémy. Okrem toho tiež bolo spomenuté, že linka má 3 vlastné sklady. Ku každej montážnej operácii je pridelený jeden počítač. Jedna polovica pracovného stola je určená senior operátorovi (trénerovi). Ostatné pracovné stoly slúžia pre tieto operácie:

Tabuľka 2 Vybavenie montážnych operácií (vlastné spracovanie)

Názov operácie	Popis vybavenia
5 – montáž izolačných trubičiek	Táto operácia je zložená z troch identických pracovísk. Jedno pracovisko zaberá polovicu pracovného stola. Každé je vybavené pneumatickým držiakom, stolnou lupou, hodinárskou lupou, skalpelom, kontrolným kalibrom a šmirgľovým papierom.
10 – výroba na Module 2	Operácia obsahuje stroj Modul 2 a shadowboard vybavený: digitálnym posuvným meradlom, oceľovým pravítkom, sadou kontrolných kalibrov a kontrolné lupy.
20 – krátenie izolačných trubičiek	Pre túto operáciu je určená polovica pracovného stola, hodinárska lupa a prístroj pre skracovanie materiálu.
30 – vizuálna kontrola po výrobe na Module 2	Pre túto kontrolu je určená ďalšia polovica pracovného stolu spojená s druhou, kde je operácia č.20. Pri tejto operácii sa používa hodinárska lupa.
40 – Krimpovanie trubky	Stroj na krimpovanie, výmenné prípravky do stroja. Operácia je umiestená na celom pracovnom stole.
50 – lepenie hlavnej izolačnej trubičky	Robotický stroj, výmenné prípravky do stroja, hodinárska lupa, šmirgľový papier, téglík na váženie silikónu a ihly na dávkovanie lepidla. Operácia je umiestená na celom pracovnom stole.
70 – vizuálna kontrola po lepení	Aj pre túto operáciu je vyhradený jeden celý pracovný stôl. Je vybavená mikroskopom pre spracovanie obrazu.



Obrázok 12 Pracovný stôl (interný materiál spoločnosti)



Obrázok 13 Pracovný stôl – rozmery (vlastné spracovanie)

8.4 Analýza procesu výroby

Procesnou analýzou je zmapovaný výrobný proces vo vybranej linke. Každá montážna operácia má aj svoju prípravnú časť. Medzi jednotlivými operáciami je transport buď do regálu alebo na nasledujúce pracovisko. Niektoré operácie majú podobné prípravné merania s priebežnými kontrolami a aj konečnými meraniami. To sa ale už eviduje vo firemnom systéme ako čas výroby zákazky. Pre spracovanie procesnej analýzy sú najskôr urobené časové záznamy.

8.4.1 Časové záznamy práce

Časové záznamy boli robené pre jeden konkrétny typ výrobku V1 o objeme 1000 kusov, čo odpovedá reálne jednej zákazke. Čas je zmeraný v minútach. Analyzované boli operácie od č. 5 po č. 70. Z každej operácie je použitých štrnásť nameraných časov za obdobie: 26.10.2020-20.11.2020. Časy sú prepočítané na kus za minútu a potom spriemerované. Takisto aj prípravný čas.

Prvá operácia č. 5 (viz tab. 3) má veľmi krátky prípravný čas, ktorý je výborne rozvrhnutý a systematický. Počas prípravy sa operátor zdržuje iba v mieste montážnej linky. Montáž za jednu minútu v priemere bola tiež veľmi časovo podobná. Nie je manuálne náročná, skôr sa operátor zameriava na presné spracovanie.

Tabuľka 3 Časový záznam práce na op. 5 (vlastné spracovanie)

P. č. (dni)	Operácia č.5			
	príprava čas (min.)	čas výroby (min.)	ks	ks/min.
1	0,40	107,93	110	1,02
2	1,73	227,60	200	0,88
3	0,43	153,85	130	0,84
4	0,73	205,75	200	0,97
5	1,86	103,07	120	1,16
6	0,85	202,90	200	0,99
7	0,28	214,70	200	0,93
8	1,13	404,30	304	0,75
9	1,11	201,88	180	0,89
10	0,58	204,19	184	0,90
11	1,15	181,54	180	0,99
12	0,58	52,00	30	0,58
13	1,12	701,00	550	0,78
14	1,78	206,00	220	1,07
Priemer:	0,98	226,19	201	0,91

Operácia č. 10 (viz tab. 4) má už časovo náročnejšiu prípravu. Počas prípravy môžu nastať aj komplikácie s nastavením stroja, čo môže výrazne ovplyvniť aj dobu trvania prípravného času. Výroba nie je veľmi náročná, preto aj časy výroby rôznych operátorov boli takmer zhodné.

Tabuľka 4 Časový záznam práce na op. 10 (vlastné spracovanie)

P. č. (dni)	Operácia č.10			
	príprava čas (min.)	čas výroby (min.)	ks	ks/min.
1	30,10	338,88	750	2,21
2	21,50	321,65	750	2,33
3	19,30	66,60	150	2,25
4	33,00	247,20	600	2,43
5	40,70	192,48	440	2,29
6	21,48	138,88	310	2,23
7	27,23	340,88	750	2,20
8	33,27	309,53	750	2,42
9	24,56	315,66	750	2,38
10	35,68	310,66	750	2,41
11	61,90	440,48	999	2,27
12	27,63	379,43	825	2,17
13	61,68	329,48	780	2,37
14	44,65	340,06	750	2,21
Priemer:	34,48	290,85	668	2,30

Ďalšia operácia č. 20 (viz tab. 5) nezaberie veľa času pri príprave, pretože je veľmi jednoduchá a nevyžaduje zdĺhavé merania, či kontroly. V tejto časti linky sa montáž posúva o čosi rýchlejšie, pretože operátor vykonáva veľmi časté, ale nenáročné opakované pohyby.

Tabuľka 5 Časový záznam práce na op. 20 (vlastné spracovanie)

P. č. (dni)	Operácia č.20			
	príprava čas (min.)	čas výroby (min.)	ks	ks/min.
1	9,28	121,27	750	6,18
2	2,61	108,16	750	6,93
3	6,76	105,06	750	7,14
4	0,33	112,56	750	6,66
5	5,40	102,81	750	7,30
6	4,23	84,48	750	8,88
7	5,35	85,41	750	8,78
8	2,51	73,66	750	10,18
9	8,36	80,43	750	9,32
10	3,72	138,30	999	7,22
11	0,22	86,13	1000	11,61

P. č. (dni)	Operácia č.20			
	príprava čas (min.)	čas výroby (min.)	ks	ks/min.
12	3,56	100,45	1000	9,96
13	6,50	127,68	1000	7,83
14	6,62	138,73	999	7,20
Priemer:	4,67	104,65	839	8,23

Operácia č.30 (viz tab. 6) nie je montážna, je zameraná na kontrolu výrobkov. Príprava spočíva iba v jednoduchých úkonoch ako je príprava lupy, či čistenie pracovného stolu. Kontrola výrobkov tiež nie je časovo ani manuálne náročná, kontroluje sa každý výrobok lupou. Operátori sú zvyknutí brať do rúk 5 kusov naraz.

Tabuľka 6 Časový záznam práce na op. 30 (vlastné spracovanie)

P. č. (dni)	Operácia č.30			
	príprava čas (min.)	čas výroby (min.)	ks	ks/min.
1	0,58	91,65	750	8,18
2	0,33	85,56	750	8,77
3	0,51	86,56	750	8,66
4	0,03	81,70	750	9,18
5	0,40	81,78	750	9,17
6	0,38	109,76	750	6,83
7	0,33	88,29	750	8,49
8	0,25	116,30	750	6,45
9	3,98	87,08	750	8,61
10	0,28	92,21	750	8,13
11	0,33	92,68	750	8,09
12	0,23	87,63	750	8,56
13	1,28	93,55	820	8,77
14	0,16	100,78	999	9,91
Priemer:	0,65	92,54	773	8,42

Pri operácii č. 40 (viz tab. 7) bol už prípravný čas v priemere dlhší a nie veľmi zhodný u operátorov. Problém s časom vznikol hlavne pri čakaní na zdieľané meradlá. Montáž už bola časovo podobnejšia medzi operátormi. Znovu ide o opakovanú a jednoduchšiu manuálnu prácu za pomoci stroja. Pri montáži na stroji neprichádza ani k častej chybovosti operátora či stroja, preto aj meranie časových záznamov bolo bezproblémové.

Tabuľka 7 Časový záznam práce na op. 40 (vlastné spracovanie)

P. č. (dni)	Operácia č.40			
	príprava čas (min.)	čas výroby (min.)	ks	ks/min.
1	27,72	303,21	747	2,46
2	24,53	73,98	248	3,35
3	17,56	170,08	500	2,94
4	24,38	46,65	149	3,19
5	21,35	171,75	599	3,49
6	33,96	178,78	748	4,18
7	18,96	83,98	329	3,92
8	49,62	115,98	419	3,61
9	15,48	200,83	748	3,72
10	20,22	169,63	748	4,41
11	22,18	146,91	748	5,09
12	23,00	212,20	748	3,52
13	18,23	188,61	799	4,24
14	19,15	150,76	800	5,31
Priemer:	24,02	158,10	595	3,82

Operácia č. 50 (viz tab. 8) patrí medzi časovo aj manuálne najnáročnejšie operácie v procese. Prípravný čas nie je vždy blízko priemeru, pretože príprava na tejto operácii nie je každý produkčný deň rovnaká. Je to hlavne z dôvodu výmeny silikónu v stroji. Montáž je manuálne náročnejšia.

Tabuľka 8 Časový záznam práce na op. 50 (vlastné spracovanie)

P. č. (dni)	Operácia č.50			
	príprava čas (min.)	čas výroby (min.)	ks	ks/min.
1	14,03	418,15	748	1,79
2	31,95	418,35	748	1,79
3	27,53	428,76	748	1,74
4	19,60	408,35	748	1,83
5	31,81	382,65	748	1,95
6	24,53	354,79	748	2,11
7	27,30	417,88	748	1,79
8	29,41	392,94	997	2,54
9	14,71	177,34	347	1,96
10	24,08	282,93	650	2,30
11	28,80	418,96	800	1,91
12	17,00	425,33	780	1,83
13	28,21	380,23	740	1,95
14	13,63	388,75	718	1,85
Priemer:	23,76	378,24	733	1,95

Meranie časového záznamu na poslednej analyzovanej operácii č. 70 (viz tab. 9) bolo jedno z rýchlejších. Je to kontrolná operácia, takže príprava je veľmi jednoduchá. Spočíva iba v zapnutí mikroskopu pre spracovanie obrazu. Kontrolná časť prebieha plynulo a nie je ani manuálne náročná.

Tabuľka 9 Časový záznam práce na op. 70 (vlastné spracovanie)

P. č. (dni)	Operácia č.70			
	príprava čas (min.)	čas výroby (min.)	ks	ks/min.
1	0,22	170,05	747	4,39
2	0,70	198,50	748	3,77
3	0,32	146,70	744	5,07
4	0,26	141,88	744	5,24
5	0,38	154,58	748	4,84
6	4,51	134,78	742	5,51
7	0,93	231,83	748	3,23
8	0,25	151,25	748	4,95
9	0,53	153,46	748	4,87
10	4,96	164,20	748	4,56
11	1,53	142,02	748	5,27
12	0,20	118,73	747	6,29
13	0,20	125,26	748	5,97
14	0,73	146,98	748	5,09
Priemer:	1,12	155,73	747	4,93






8.4.2 Procesná analýza

Priemery časových záznamov každej operácie sú vstupom do procesnej analýzy. Priemery sú hlavne robené z toho dôvodu, aby bola analýza čo najobjektívnejšia a dali sa správne identifikovať takzvané úzke miesta vo výrobe. V tabuľke (viz tab. 10) sú v samostatných stĺpcoch operácie, transport, čakanie a kontroly kvality, aby bola lepšie zobrazená súvislosť a postupnosť činností v procese. Krivka, ktorá tieto činnosti spája, znázorňuje čo všetko vyčnieva od hlavnej činnosti - montáže. Nadbytočné činnosti, ktoré vyčnievajú, sa môžu postupným uvoľňovaním kontrol a zoštíhlením linky eliminovať na minimum. Každá činnosť má zmeranú dobu trvania a vzdialenosť, ktorú operátor musí prejsť. Pre označenie činností v procesnej analýze sú použité značky, ktoré ich znázorňujú (viz obr. 14).

	operace	Změna tvaru nebo charakteristik materiálu, polotovaru, produktu.
	transport	Změna umístění materiálu, polotovaru nebo produktu.
	skladování	Plánované shromažďování materiálů, polotovarů, součástí a produktů.
	čekání	Neplánované shromažďování materiálů, polotovarů, součástí a produktů.
	kontrola kvality	

Obrázok 14 Symboly procesnej analýzy (API, ©2005-2017)

Tabuľka 10 Procesná analýza (vlastné spracovanie na základe zdroja: API, ©2005-2017)

č.	činnosť	operácia	transport	čakanie	kontrola kvality	vzdialenosť (kroky)	doba trvania (min.)	ks/smenu
1	príprava op.5	○				5	0,98	
2	navliekanie op.5					0	980,39	409
3	transport		⇒			5	0,5	
4	príprava op.10	○				127	34,48	
5	modul 2 op.10					12	434,78	1035
6	transport		⇒			5	0,5	
7	príprava op.20	○				5	4,67	
8	krátenie izolácií op.20					10	121,5	3703
9	transport		⇒			5	0,5	
10	príprava op.30				◇	5	0,65	
11	kontrola op.30					0	118,76	3789
12	transport		⇒			5	0,5	
13	príprava op.40	○				80	24,02	
14	krimpovanie trubky op.40					80	261,78	1719
15	transport		⇒			5	0,5	
16	príprava op.50	○				166	23,76	
17	lepenie op.50					176	512,82	877,5
18	transport		⇒			5	0,5	
19	čakanie (schnutie lepidla)			D		0	480	
20	príprava op.70				◇	5	1,12	
21	kontrola po lepeni op.70					0	202,83	2218
22	transport na modul 3		⇒			5	0,5	
	počet	5	7	1	2			
	súčet					706	3206,04	

Procesná analýza ukázala, že je potrebné ďalej analyzovať tri prípravy výroby alebo montáže a to na operácii č. 10, 40 a 50. Pri týchto prípravách bolo nameraných navyše krokov a najviac minút. Znamená to, že operátori sa zbytočne presúvajú pri úvodných meraniach a prípravách

potrebných pomôcok pred montážou. Zaberá to zbytočný čas, ktorý mohol byť venovaný výrobe.

Čo sa týka transportov, časy sú približne rovnaké. Transport prebieha buď od pracoviska do regálu alebo sa zákazka posúva na nasledujúcu operáciu. Regály na výrobné objednávky sa nachádzajú priamo na linke, takže každý operátor má rovnaký dosah. V poslednom stĺpci tabuľky je pre porovnanie na počet kusov prepočet vyrobených alebo skontrolovaných výrobkov na zmenu na každú operáciu. Výrobné časy sú spočítané a výsledkom je, že jeden operátor urobí za 3206,04 minút jednu výrobnú zákazku. V prepočte na osemhodinové zmeny je to približne 6,7 zmien.

9 IDENTIFIKÁCIA PLYTVANIA V USPORIADANÍ POLOAUTOMATIZOVANEJ MONTÁŽNEJ LINKY – ŠPAGETOVÝ DIAGRAM

Ako ďalšia identifikácia plytvania v usporiadaní montážnej linky je použitý špagetový diagram. Diagram poukazuje na pohyby operátora po výrobnéj hale za čas prípravy, ktorá bola nameraná v procesnej analýze. Touto vizualizáciou je odhalené množstvo pohybu mimo pracovisko vyjadreného krokmi.

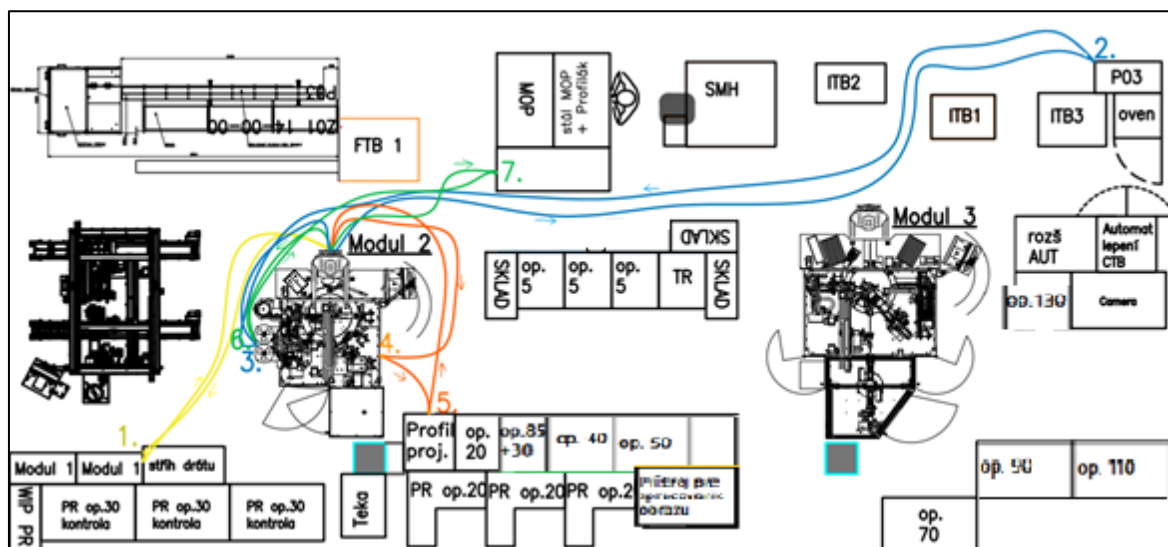
9.1 Príprava operácie č. 10

Príprava na Module 2 spočíva v zapnutí stroja, výmene prípravkov, meraní prvého kusu a izolačných trubičiek. Túto prípravu môže vykonávať buď jeden alebo dvaja operátori, záleží podľa dostupnosti ostatných operátorov vo výrobe, či sú zaškolení na túto operáciu alebo majú dostatok času popri svojej robote. Použitý bol čas prípravy u jedného operátora. Pre lepšie zobrazenie je na konci práce diagram vo väčšej veľkosti v Prílohe P II.

Popis kriviek v špagetovom diagrame (*viz obr. 14*):

1. *Žltá krivka (28 krokov)*: Operátor začne zapnutím stroja, prihlásením sa do počítača, inicializáciou a načítaním zákazky do systému, kde si otvorí potrebné dokumenty ku výrobe. Potom podľa typu výrobku vymení prípravky v Module 2. Ďalej ide od počítača ku skrini s prípravkami (bod č. 1) a späť k počítaču. Následne na to vymení prípravky v stroji. Prázdnu krabičku na prípravky odloží späť do skrine.
2. *Modrá krivka (52 krokov)*: Pred samotnou výrobou izolácií a montážou výrobku operátor vymieňa aj kotúč s izoláciami. Nové balenie berie zo skladu (bod č. 2). Nový kotúč odnáša na držiak (bod č. 3), ktorý je súčasťou Modulu 2, kde ho nasadí. Po výmene sa vracia späť k počítaču.
3. *Oranžová krivka (12 krokov)*: Po montáži 1. kusu pokračuje vizuálnou kontrolou kusu. Lupu na kontrolu má položenú na stole. Potom si kus vyberie zo zásobníka (bod č. 4), ku ktorému sa dostane cez bočné dvere na stroji a kus následne skontroluje. Pokračuje meraním na profilovom projektore (bod č. 5), od ktorého sa vracia späť k počítaču, kde informácie z merania zapíše. Skontrolovaný kus si nechá na stole v krabičke pre hotové výrobky.

4. *Zelená krivka (35 krokov):* Ďalším krokom prípravy výroby je kontrola izolácií. Kontroluje sa vizuálna kontrola, šírka, dĺžka, hĺbka a priechodnosť. Operátor si v počítači otvorí výrobnú objednávku na výrobu materiálu, kde bude zapisovať merania. Túto výrobnú objednávku si vezme z bodu č. 6, kde je pre ňu vytvorené miesto. Presunie sa k zásobníku na izolácie (bod č. 6), kde si vyberie materiál a hneď na tom istom mieste prevedie kontrolu. Nachádza sa tam stôl, na ktorom je shadowboard, kde je vybavenie pre kontrolu izolačných trubičiek. Je tam uložené digitálne posuvné meradlo a oceľové pravítko. Vedľa shadowboardu je položená špeciálna sada kalibrov a kontrolná lupa. Po zmeraní sa presunie k stolu (bod č. 7), kde je v ďalšom shadowboarde špeciálny kaliber pre kontrolu. Ten si musia operátori požičiavať, pretože je len jeden pre dve výrobné linky. Po zmeraní si operátor všetky namerané údaje zapíše do počítača a odloží kontrolovaný materiál spolu s výrobnou objednávkou späť do krabičky v bode č. 6. Túto kontrolu robí operátor na začiatku a na konci výrobnéj objednávky.



Obrázok 15 Špagetový diagram – príprava operácie č. 10 (vlastné spracovanie)

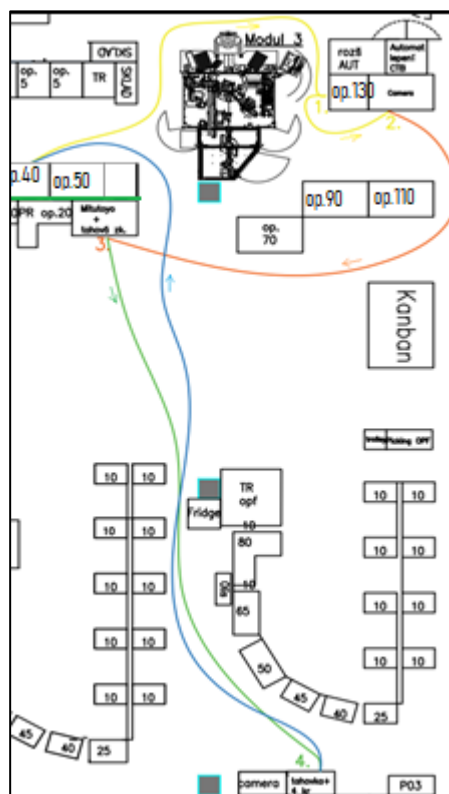
9.2 Príprava operácie č. 40

Opäť operácia začína zapnutím počítača, prihlásením sa v systéme a otvorením potrebných dokumentov. Podľa príslušných dokumentov, operátor zapne stroj, vymení prípravky a začne s montážou prvého kusu. Všetky prípravky ku stroji sa nachádzajú v šuplíku, ktorý je v stole, na ktorom je stroj položený. To znamená, že operátor dokáže pripraviť stroj pre montáž bez toho, aby musel opúšťať pracovisko. Aby ale mohol aj vyrábať, musí zmerať

prvý zmontovaný kus. Na prvom kuse sú štyri merania. Tento diagram je pre lepšie zobrazenie na konci práce ako Príloha P III.

Popis kriviek v špagetovom diagrame (viz obr. 15):

1. *Žltá krivka (17 krokov):* Vyrobený kus operátor vezme a presunie sa k poličke (bod č. 1), tam si vezme meradlo s názvom úchylkometer. Presunie sa ku kamerovému lineárnemu systému (bod č. 2), kde odmeria dĺžku. Tu ma priestor na odmeranie hĺbky úchylkometerom. Zmerané údaje si zapíše do oficiálneho dokumentu.
2. *Oranžová krivka (20 krokov):* Ďalšou kontrolou je kontrola pozície. Odmeria kus na kamerovom meracom systéme (bod č. 3), z ktorého hodnoty si opäť zapíše do dokumentu.
3. *Zelená krivka (19 krokov):* Pokračuje posledným krokom a to je ťahová skúška na príslušnom prístroji (bod č. 4).
4. *Modrá krivka (24 krokov):* Operátor sa po meraní vráti späť k počítaču a stroji, kde zapíše do systému všetky údaje. V prípade správnosti údajov z merania pokračuje vo výrobe celej zákazky.



Obrázok 16 Špagetový diagram – príprava operácie č. 40 (vlastné spracovanie)

9.3 Příprava operácie č. 50

Tak ako aj pri predchádzajúcich prípravách je aj teraz povinnosťou operátora zapnutie počítača a prihlásenia sa do výrobného systému. Potom pomocou inštrukcie zapne stroj a pozrie si potrebné kontroly pre nastavenie stroja na výrobu. Príprava operácie č. 50 spočíva v zapnutí stroja, výmene prípravku a silikónu v stroji (používa sa na lepenie dielov), vo vážení silikónu a príprave ostatných pomôcok.

Popis kriviek v špagetovom diagrame (viz obr. 16):

1. *Žltá krivka (5 krokov)*: Pred montážou prvého kusu sa operátor od stroja presunie k profilovému projektoru, kde je uložená plniaca pištoľ (bod č. 1) . Tú si vezme a pokračuje v príprave.
2. *Modrá krivka (16 krokov)*: Presunie sa s plniacou pištoľou smerom ku chladničke a stolu na prípravu silikónu (bod č. 2). Z chladničky si vyberie silikón a pomocou pištole naplní zásobník.
3. *Zelená krivka (9 krokov)*: Pokračuje ku kanbanovému skladu (bod č. 3). Tu si vezme pomôcky, ktoré si potrebuje doplniť v šuplíku pri stroji. Tam má potrebné vybavenie.
4. *Červená krivka (20 krokov)*: Presunie sa späť ku stroju, kde si pripravený silikón vymení.
5. *Fialová krivka (12 krokov)*: Na výmenu potrebuje aj etanol, ktorý nájde položený v regáli (bod č. 4). Po použití ho vráti späť.
6. *Ružová krivka (12 krokov)*: Po výmene silikónu všetok nebezpečný odpad vyhodí do koša na to určeného (bod č. 5). Je tam riadne označený názvom a červenou páskou. Cestou odloží (bod č.1) plniacu pištoľ.
7. *Oranžová krivka (76 krokov)*: Posledným krokom výmeny silikónu je jeho zváženie hmotnosti na váhe (bod č. 6). Operátor si najskôr zváži prázdnu nádobku, vráti sa späť ku stroju a odoberie 5 kvapiek silikónu. Potom opäť zváži nádobku aj so silikónom a vráti sa späť. Hodnotu zapíše do počítača. Túto trasu prejde pri správnej váhe silikónu trikrát. Silikón sa musí kontrolovať na začiatku výrobnéj objednávky, po 4 hodinách produkcie a na konci. 76 krokov je váženie na začiatku výrobnéj objednávky.

9.4 Mapa plytvania

V nasledujúcej mape plytvania je prehľadný rozpis zisteného plytvania v prípravách operácií č. 10, 40 a 50. Zistené druhy plytvania platia pre každú prípravnú operáciu rovnako. Ďalším plytváním bol identifikovaný pracovný priestor, ktorý sa v teórii ani v tabuľke neuvádza. Linka zaberá príliš veľa pracovného priestoru hlavne čo sa týka pracovných stolov a rozmiestnenia layoutu.

Tabuľka 11 Mapa plytvania spracované na základe zdroja
(Průmyslové inženýrství, © 2020)

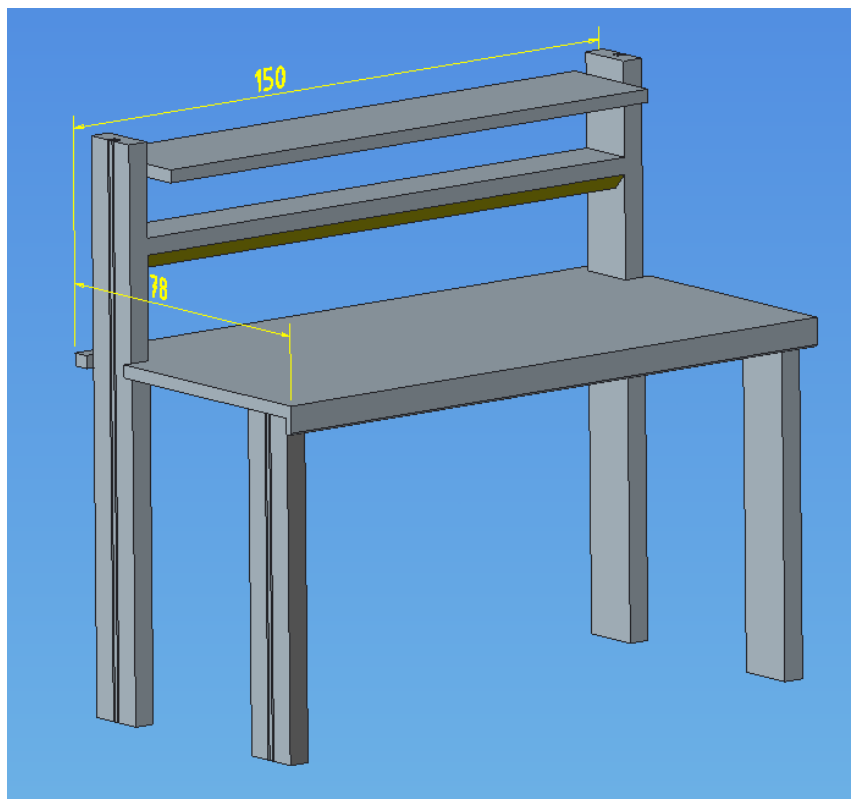
Plytvanie	Definícia	Stupeň dôležitosti plytvania („vysoká“; „stredná“; nízka“)	Popis problému
Čakanie	Čakanie na informácie, vybavenie, materiál, diely alebo ľudí	nízka	Dochádza k čakaniu na zdieľané meradlo.
Pohyb	Pohyby ľudí, ktorí nepridávajú hodnotu procesu a zákazníkovi	stredná	Operátor má príliš ďaleko potrebné meradlo, za ktorým opakovane počas smeny dochádza.

10 NÁVRHY ELIMINÁCIE PLYTVANIA V USPORIADANÍ POLOAUTOMATIZOVANEJ MONTÁŽNEJ LINKY

Ako už bolo v práci zmienené, analýzou sa zistilo, že operátor plytvá najviac časom a hlavne nadbytočným pohybom pri prípravnej časti operácií. Jednotlivé merania a iné úkony pri prípravách sú rôzne rozmiestnené po výrobnjej hale, čo nie je veľmi systematické. Počas pozorovania bolo zjavné, že niektoré miesta na prípravu sa už veľmi nedajú presúvať na iné výhodnejšie miesto.

10.1 Racionalizácia layoutu montážnej linky

Pri analýze bola zistená hlavne potreba doplnenia montážnej linky o meradlá, ktoré sú zdieľané. Aby sa operátor nemusel presúvať medzi jednotlivými linkami pri meraniach, v návrhu na racionalizáciu layoutu je hlavne miesto vybavené chýbajúcimi meradlami. To je ale efektívnejšie zakomponovať do zoptimalizovanej montážnej linky. V prvom kroku, je potrebná výmena pôvodných montážnych stolov za menšie a jednoduchšie. Týmto spôsobom sa aplikujú prvky lean filozofie.



Obrázok 18 Pôvodný stôl (vlastné spracovanie)

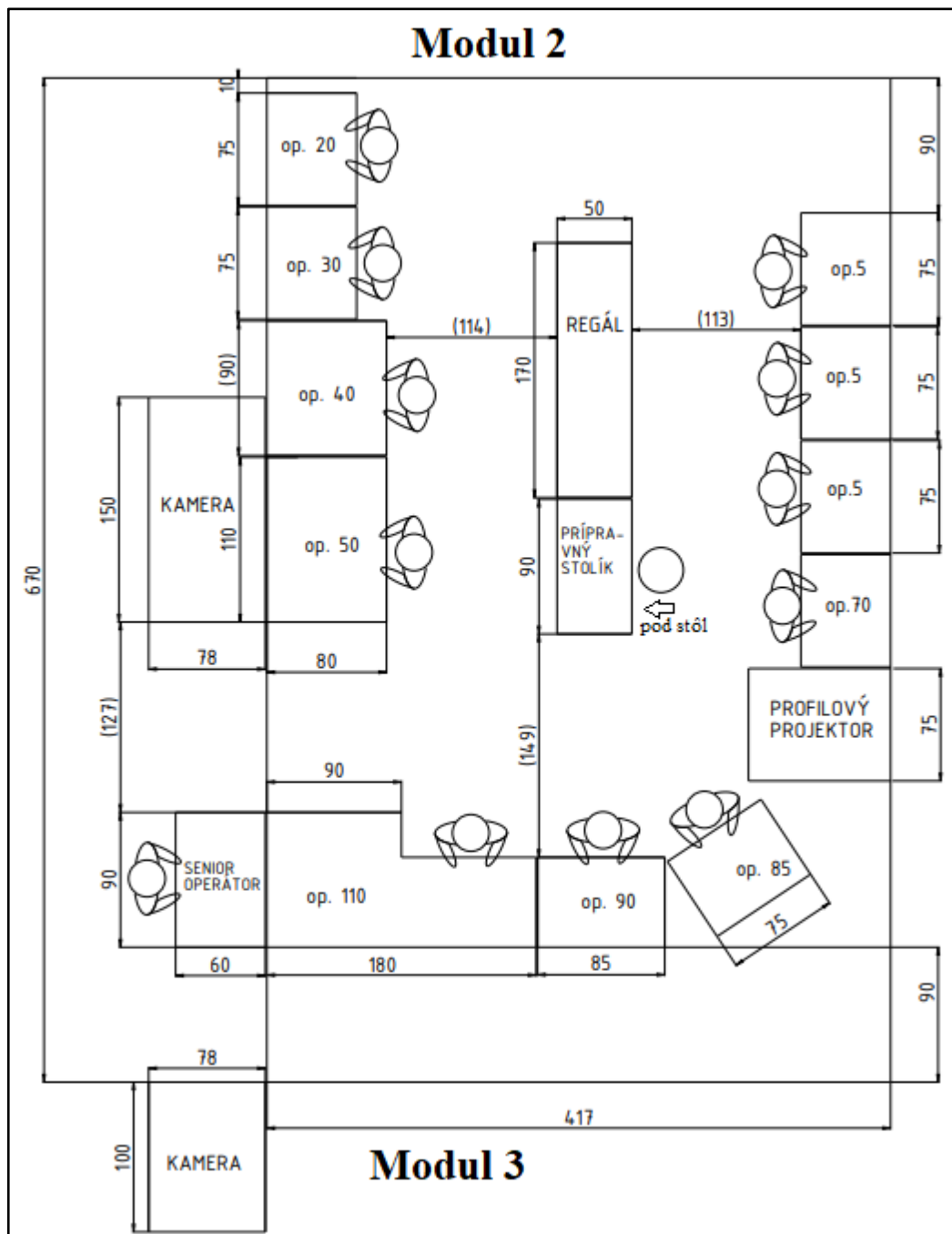


Obrázok 19 Návrh pracovného stolu operácie č.5 (doska: 75 cm x 60 cm; výška stolu: 82 cm)

Návrh nového layoutu linky má usporiadané pracoviská podľa poradia výroby. Je to hlavne pre prípad, ak by sa vytvorila montážna linka s tokom jedného kusu. Navrhnuté sú aj nové jednoduchšie stoly, ktoré je hlavne možné znovu rozmontovať a potom usporiadať podľa potreby v montážnej linke. Počas tvorby analýzy sa operácia č.110 a 130 zlúčila do jednej a tím inžinierov vytvoril nové pracovisko. Spolu s novou zlúčenou operáciou vytvorili bunku s tokom jedného kusu na operáciách č. 85, 90 a 110. Táto zmena je už zakomponovaná v návrhu nového layoutu.

Špecifická montáž výrobkov na tejto linke si vyžaduje oba moduly, ktoré pridávajú dôležitú hodnotu výrobku. Taktiež sú to stroje veľmi náročné na presuny, preto je návrh novej linky (viz obr. 19) umiestnený medzi nimi. Linka nemá presný tvar písmena, ale podobat' sa môže písmenu „D“. Z dvoch strán je možný prechod cez linku. V strede je umiestnený regál na výrobné objednávky. Počas pozorovania výroby na linke bolo zistené, že je vhodné vybavenie každého pracovného miesta policou, ktorá je umiestnená v hornej časti pracovného stolu (viz obr. 18). Tým sa eliminuje potreba regálov pre rozpracované zákazky. Tie bude možné odložiť nad prebiehajúcu montážnu operáciu v prípade, ak zákazka nebude ukončená. Ak sa výrobná zákazka dokončí celá, operátor ju odloží na policu nad pracoviskom pre nasledujúcu operáciu.

Vedľa regálu je doplnený prípravný stolík, pod ktorým je umiestnený nebezpečný odpad. V blízkosti linky ostal senior operátor, ktorý je umiestnený pri jednom vstupe, kde by sa mohla umiestniť aj tabuľa s rozpisom výroby. Taktiež ostali na svojom mieste aj dve meracie kamery, ktoré sú potrebné pre výrobu. Pre porovnanie je načrtnutý layout haly pred a po zmene layoutu linky (viz obr. 20, 21).



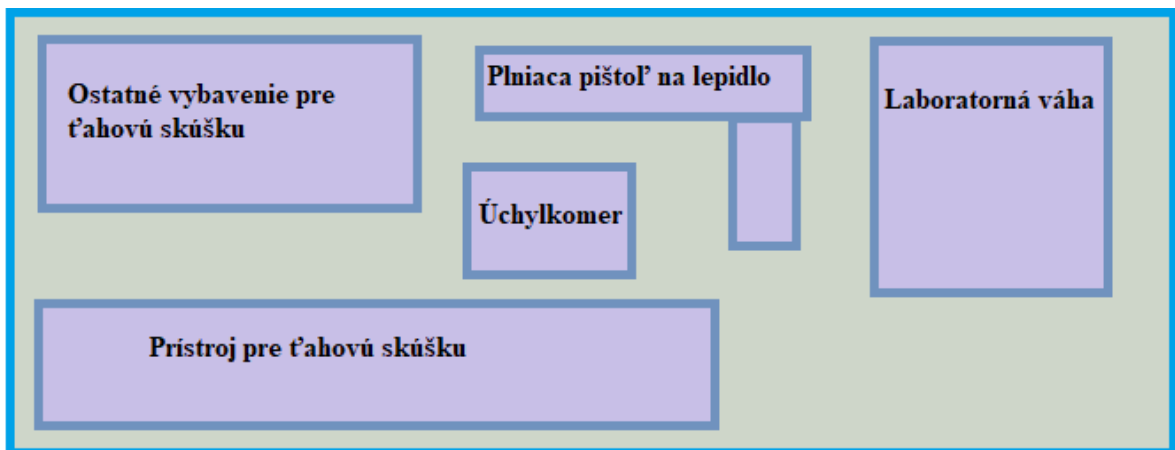
Obrázok 20 Návrh layoutu montážnej linky (vlastné spracovanie)

10.2 Doplnenie chýbajúceho vybavenia

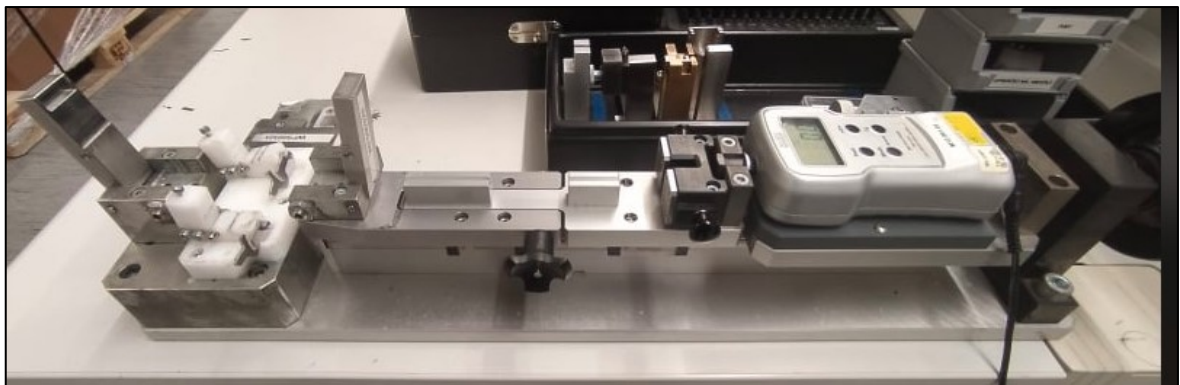
Ako bolo už spomenuté v tejto práci sa analýzou zistilo, že operátor plytvá najviac časom a hlavne nadbytočným pohybom pri prípravách operácií. Preto je vhodné navrhnúť racionalizáciu procesu prípravy operácii č. 10, 40 a 50. Proces prípravy sa dá zlepšiť práve doplnením chýbajúceho alebo zdieľaného vybavenia v poloautomatizovanej montážnej linke. Jednotlivé merania a iné úkony pri prípravách sú rôzne rozmiestnené po výrobnjej hale, čo nie je veľmi systematické. Počas pozorovania bolo zjavné, že niektoré miesta na prípravu sa už veľmi nedajú presúvať na iné vhodnejšie miesto.

Doplnenie chýbajúceho vybavenia:

- Prípravný stôl (viz obr. 22):
 - presná váha;
 - ťahová skúška;
 - doplnky pre ťahovú skúšku a prípravu lepidla;
 - úchylkomer.



Obrázok 23 Návrh prípravného stolu (vlastné spracovanie)



Obrázok 24 Ťahová skúška (interný materiál spoločnosti)



Obrázok 25 Presná váha
(Expondo, © 2007–2021)

10.2.1 Príprava operácie č. 10

Pri príprave operácie č. 10 je zbytočné presúvať sklad s izoláciami bližšie, pretože operátor si neberie nový kotúč každú výrobnú objednávku zo skladu. Pri Module 2 sa nachádza stolík, ktorý slúži ako prechodný sklad. Tam sú uložené kotúče, kým sa izolácia neminie. Výroba izolácií s jedným kotúčom trvá približne 2 výrobné objednávky a strieda sa žltá s modrou farbou. Pri Module 2 na stolíku je shadowboard (viz obr. 26), ktorý ma už vybavenie pre kontrolu izolácií. Chýba tam ale kaliber (viz obr. 25), ktorý si operátori požičiavajú z vedľajšej linky. Tento kaliber je možné objednať a doplniť do shadowboardu, kde je už pripravené voľné miesto. Meranie na profilovom projektore je v optimálnej blízkosti. Tento profilový projektor využívajú aj na iných operáciách, takže je blízko každému operátorovi.



Obrázok 26 Kontrolný kaliber v obale
(interný materiál spoločnosti)



Obrázok 27 Shadowboard pre kontrolu izolačných trubičiek
(interný materiál spoločnosti)

10.2.2 Príprava operácie č. 40

Pri tejto príprave bolo najviac krokov nameraných pri ťahovej skúške. Tento prístroj sa využíva ešte pri ďalších dvoch operáciách č. 80 a č. 90. Jednoznačne je vhodné, aby bolo pracovisko vybavené týmto prístrojom. Ide hlavne o časté výmeny prípravkov pri používaní viacerými operátormi, ale aj čakanie, pretože tento prístroj využívajú takmer všetky linky. Tak by prístroj mali operátori vždy k dispozícii, či už pri meraniach alebo rôznych testovaniach. Efektívny by bol aj presun meracieho kamerového systému za Modul 3, čo je približný stred linky (viz obr. 19, kap. 10.1). Operátor má tak k nemu približne rovnako blízko od operácie č. 40 ako operácie č. 90. Úchylkomer by sa taktiež mohol zakomponovať do prípravného stolu s váhou a ťahovou skúškou. Ostatné meradlá sú v dostatočnej blízkosti.

10.2.3 Príprava operácie č. 50

Pre stôl na prípravu lepidla do zásobníka už nie je vhodnejšie miesto. Lepidlo je umiestnené v chladničke, ktorá je pre celú výrobnú halu iba jedna. Lepidlo sa mení každý druhý produkčný deň a prvý deň v týždni. Chladnička sa nachádza približne v strede výrobnej haly, takže nie je ani potrebné lepšie umiestnenie. Taktiež aj kanbanový sklad, ktorý je síce na druhej strane haly, ale operátor ho nenavštevuje tak často, pretože má priestor pre vytvorenie zásoby na svojom pracovnom stole. Pri tejto príprave je vhodnejšie skôr doplnenie presnej váhy priamo na pracovisko. Vlastnosťou váhy okrem váženia lepidla je aj počítanie kusov, ktorú by mohli operátori využiť. Podobne ako sa stáva aj pri iných zdieľaných meradlách, aj

tu sa často stretne viac operátorov, ktorí potrebujú na váhe vážiť či počítať kusy. Pôvodnú váhu používajú minimálne 4 výrobné linky.

Ostatné vybavenie pre prípravu sa už nachádzajú priamo alebo v blízkosti montážnej linky. Napríklad kôš s nebezpečným odpadom je v návrhu layoutu umiestnený pod prípravný stôl. Etanol je umiestnený v pôvodnom regáli, kde ich je viac a je v bezpečnej vzdialenosti.

11 ZHRNUTIE PRAKTICKEJ ČASTI A EKONOMICKÉ ZHODNOTENIE

Aplikovaním metód priemyselného inžinierstva – procesnou analýzou a špagetovým diagramom bolo identifikované plytvanie pohybom mimo montážnu linku a čakanie na zdieľané meradlá. Taktiež bolo zistené, že analyzovaná montážna linka zaberá príliš veľa zbytočného priestoru vo výrobnéj hale a dá sa ešte zredukovať.

Eliminácia plytvania:

- **Operácia č. 10:** doplnenie chýbajúceho kontrolného prostriedku – kontrolný kaliber.

Tabuľka 12 Predpokladané porovnanie zmien v krokoch v op. 10 (vlastné spracovanie)

	Kroky
Pôvodné	127
Po doplnení chýbajúceho vybavenia a racionalizácii layoutu	117

Elimináciou chôdze pri kontrole by bolo možné zníženie pohybu v prípravnej časti až o 8%.

- **Operácia č. 40:** Ťahová skúška je ďalším používaným zdieľaným meradlom s inými linkami. Tento prístroj dokáže ušetriť na operácii č. 40 približne 43 krokov pri prípravnej operácii.

Tabuľka 13 Predpokladané porovnanie zmien v krokoch v op.40 (vlastné spracovanie)

	Kroky
Pôvodné	80
Po doplnení chýbajúceho vybavenia a racionalizácii layoutu	37

Elimináciou chôdze by bolo možné zníženie pohybu v prípravnej časti až o 54%.

- **Operácia č. 50:** doplnenie chýbajúceho vybavenia – presnej váhy a zmena v rozložení layoutu.

Tabuľka 14 Predpokladané porovnanie zmien v krokoch v op.50 (vlastné spracovanie)

	Kroky
Pôvodné	166
Po doplnení chýbajúceho vybavenia a racionalizácii layoutu	96

Elimináciou chôdze pri vážení by bolo možné zníženie pohybu v prípravnej časti až o 43%.

Medzi hlavné prínosy návrhov eliminácie plytvania patria zlepšené pracovné podmienky, eliminácia zbytočného pohybu zamestnanca, či čakanie na zdieľané meradlá.

Vďaka návrhu nového layoutu vznikne nový voľný priestor, ktorý je súčasťou montážnej linky a je vo veľkosti približne 16 m². Predstavuje možnosť využitia priestoru pre nový výrobný stroj, kanbanový sklad a mnoho iných možností.

Náklady na racionalizáciu layoutu:

Tabuľka 15 Náklady na racionalizáciu layoutu (vlastné spracovanie na základe materiálov spoločnosti)

Položka	Údaje/Náklady
Zastavenie výroby na linke počas zmeny layoutu	5 pracovných dní po 8h. zmene
Zákazky, ktoré by sa mohli počas odstávky vyrobiť	3 zákazky / 3000 ks
Cena nového layoutu	125 000,00 Kč
Presná váha	6 119,00 Kč
Ťahová skúška	80 000,00 Kč
Pracovná sila (7 operátorov + 1 senior operátor) – 5 pracovných dní po 8 hodinovej pracovnej zmene	40 640 Kč

Podľa priemerných plátov v Českej republike výrobných operátorov je vyčíslený aj náklad na ľudskú silu v podobe hodinovej mzdy (*viz tab. 15*).

V predpokladaných úsporách neboli vyčíslené prínosy, ktoré sú ťažko vyčísliteľné. Medzi tieto prínosy patria zlepšené pracovné podmienky, eliminácia zbytočného pohybu zamestnanca či čakanie na voľné meradlá. Aby spoločnosť pri takýchto zmenách nemala straty kvôli zastaveniu výroby, snaží sa takéto typy zmien vo výrobe vykonávať a plánovať hlavne počas letných dovolení, plánovanej inventúry a pod. Prípadne presunie svojich operátorov na inú výrobnú linku, kde je potreba zrýchliť výrobu. Možnosťou je aj naplánovanie inej aktuálne potrebnej práce.

ZÁVER

Cieľom bakalárskej práce bola identifikácia možnosti eliminácie plytvania so zameraním na layout výrobných liniek a navrhnutie vhodných opatrení k odstráneniu zistených nedostatkov. Vďaka spracovaniu literárnych poznatkov v teoretickej časti bola vytvorená praktická časť. Literárne poznatky sa zameriavali na oblasť priemyselného inžinierstva, štíhleho podniku a jeho súčastí. Praktická časť sa zameriavala hlavne na analýzu súčasného stavu poloautomatizovanej montážnej linky danej spoločnosti. Táto analýza bola vykonaná pomocou pozorovania, firemných materiálov a časových záznamov práce. Informácie sa ďalej spracovali v procesnej analýze, prostredníctvom ktorej sa identifikovali úzke miesta vo výrobe a nadbytočný pohyb operátorov pri operáciách. Vďaka výsledkom z procesnej analýzy sa práca ďalej zameriavala na presnejšiu identifikáciu plytvania so zameraním na layout vybranej montážnej linky. Identifikácia plytvania v layoute pokračovala špagetovým diagramom, ktorý presnejšie identifikoval pohyby operátorov a to hlavne mimo svoje pracovisko. V závere kapitoly bolo zhrnutie zisteného plytvania pomocou mapy plytvania. Identifikované plytvanie bol pohyb a čakanie. Ďalej nasledovali návrhy eliminácie plytvania v usporiadaní analyzovanej montážnej linky. Ako prvým návrhom bola racionalizácia layoutu poloautomatizovanej montážnej linky. Návrh nového layoutu obsahoval aj nový voľný priestor, ktorý bol súčasťou spomínanej montážnej linky. Tento priestor bol vymeraný vo veľkosti približne 16 m². Ďalším návrhom pre elimináciu bola racionalizácia procesu prípravy v operáciách, pri ktorých bol prípravný čas najdlhší a bolo nameraných najviac krokov. Bolo zistené, že proces prípravy sa dá zlepšiť práve doplnením chýbajúceho alebo zdieľaného vybavenia.

V poslednej kapitole bolo zhrnutie praktickej časti a ekonomické zhodnotenie návrhov. Po doplnení chýbajúceho vybavenia a racionalizácii layoutu boli percentuálne vyčíslené zlepšenia v pohybe operátora. Ako hlavné prínosy boli určené zlepšené pracovné podmienky, eliminácia zbytočného pohybu zamestnanca a čakanie na zdieľané meradlá. Ďalším dôležitým prínosom spomínaného návrhu nového layoutu bol nový priestor vo veľkosti približne až 16 m². Zhodnotený bol ako možnosť pre využitie priestoru pre nový výrobný stroj, kanbanový sklad a mnoho iných možností.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATURY

DENNIS, Pascal, 2016. *Lean production simplified: a plain-language guide to the world's most powerful production system*. 3rd edition. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 223 s. ISBN 978-1-4987-0887-6.

DUFFY, Grace L. a Sandra L. FURTERER, 2020. *ASQ Certified Quality Improvement Associate Handbook*. 4th edition. American Society for Quality (ASQ), (různé stránkování). ISBN 978-1-951058-12-8.

CHROMJAKOVÁ, Felicita, 2013. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štihlým řízením procesů*. Žilina: Georg, 116 s. ISBN 978-80-8154-058-5.

Interní materiály společnosti

JUROVÁ, Marie a kolektiv, 2016. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. 1. vydání. Praha: Grada, 264 s. ISBN 978-80-247-5717-9.

KOŠTURIÁK, Ján, 2010. *Kaizen: osvědčená praxe českých a slovenských podniků*. Brno: Computer Press, v, 234 s. Business books. ISBN 978-80-251-2349-2.

ROTHER, Mike, 2017. *Toyota Kata: Systematickým vedením lidí k výjimečným výsledkům*. 1. vydání. Praha: Grada, 288 s. ISBN 978-80-271-0435-2.

SVOZILOVÁ, Alena, 2011. *Zlepšování podnikových procesů*. 1. vydání. Praha: Grada, 223 s. ISBN 978-80-247-3938-0.

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ, 2014. *Integrované řízení výroby: Od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. 1. vydání. Praha: Grada, 368 s. ISBN 978-80-247-4486-5.

WALKER, H. Fred, Ahmad ELSHENNAWY, Bhisham C. GUPTA a M. McShane VAUGHN, 2019. *Certified Quality Inspector Handbook*. 3rd edition. American Society for Quality (ASQ), (různé stránkování). ISBN 978-0-87389-981-9.

Internetové zdroje:

DLABAČ, Jaroslav a Marcel PAVELKA © 2015. Průmyslové inženýrství v organizační struktuře podniku. *Academy of Productivity and Innovations* [online]. [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25785n-prumyslove-inzenyrstvi-v-organizacni-strukture-podniku>

DLABAČ, Jaroslav, © 2015. Štíhlá výroba – používané metody a nástroje. *Academy of Productivity and Innovations* [online]. [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25786n-stihla-vyroba-pouzivane-metody-a-nastroje>

Ergonomie pracovního místa, © 2016–2021. *Znalostní systém prevence rizik v BOZP* [online]. [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: <https://zsbozp.vubp.cz/pracovni-prostredi/ergonomie/337-ergonomie-pracovniho-mista>

Industrial Engineering, © 2014-2020. *API – Akademie produktivity a inovací* [online]. [cit. 2021-03-16]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/en/24927-industrial-engineering>

Jednotlivé metody a nástroje (I–P), © 2005-2020. *API – Akademie produktivity a inovací* [online]. [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/24887-jednotlive-metody-a-nastroje-i-p>

Metody a nástroje, © 2005-2020. *API – Akademie produktivity a inovací* [online]. [cit. 2021-03-16]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/24882-metody-a-nastroje>

ONDRA, Pavel, © 2017. Průmyslové inženýrství: Způsob života. *Průmyslové inženýrství* [online]. [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: <https://www.prumysloveinzenyrstvi.cz/prumyslove-inzenyrstvi-zpusob-zivota/>

Přesné váhy, © 2007–2021. *Expondo* [online]. [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: <https://www.expondo.cz/steinberg-systems-presna-vaha-300g-0-001-g-10030053>

Plýtvání, © 2012. *Svět produktivity* [online]. [cit. 2021-03-16]. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/clanek/metodika-plytvani.htm>

Projektování výrobních buněk, © 2017. *API – Akademie produktivity a inovací* [online]. [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: https://www.e-api.cz/wcd/docs/vzdelavani/cespi-xvii/blok-5/projektovnmontnchbunk_2015-03-29_tiskupravene.pdf

Šablona: Mapa plýtvání, © 2020. *Průmyslové Inženýrství* [online]. [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: <https://www.prumysloveinzenyrstvi.cz/sablona-mapa-plytvani/>

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1 Montážny proces	14
Obrázok 2 Priamy tok	19
Obrázok 3 Usporiadanie v tvare písmena „U“	19
Obrázok 4 Usporiadanie v tvare písmena „L“	20
Obrázok 5 Usporiadanie v tvare „spine“	20
Obrázok 6 Vyhovujúce pracovné pohyby	21
Obrázok 7 Symboly procesnej analýzy	22
Obrázok 8 Špagetový diagram	23
Obrázok 9 Organizačná schéma podniku	27
Obrázok 10 Layout	29
Obrázok 11 Poloautomatizovaná montážna linka	30
Obrázok 12 Pracovný stôl	34
Obrázok 13 Pracovný stôl – rozmery	34
Obrázok 14 Symboly procesnej analýzy	40
Obrázok 15 Špagetový diagram – príprava operácie č. 10	44
Obrázok 16 Špagetový diagram – príprava operácie č. 40	45
Obrázok 17 Špagetový diagram – príprava operácie č. 50	47
Obrázok 18 Pôvodný stôl.....	49
Obrázok 19 Návrh pracovného stolu operácie č.5	50
Obrázok 20 Návrh layoutu montážnej linky.....	51
Obrázok 21 Pôvodný layout	52
Obrázok 22 Layout po zmene	52
Obrázok 23 Návrh prípravného stolu.....	53
Obrázok 24 Ťahová skúška.....	53
Obrázok 25 Presná váha	54
Obrázok 26 Kontrolný kaliber v obale	54
Obrázok 27 Shadowboard pre kontrolu izolačných trubičiek	55

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1 Výrobné etapy	31
Tabuľka 2 Vybavenie montážnych operácií	33
Tabuľka 3 Časový záznam práce na op. 5	35
Tabuľka 4 Časový záznam práce na op. 10	36
Tabuľka 5 Časový záznam práce na op. 20	36
Tabuľka 6 Časový záznam práce na op. 30	37
Tabuľka 7 Časový záznam práce na op. 40	38
Tabuľka 8 Časový záznam práce na op. 50	38
Tabuľka 9 Časový záznam práce na op. 70	39
Tabuľka 10 Procesná analýza	41
Tabuľka 11 Mapa plytvania	48
Tabuľka 12 Predpokladané porovnanie zmien v krokoch v op. 10	57
Tabuľka 13 Predpokladané porovnanie zmien v krokoch v op.40	57
Tabuľka 14 Predpokladané porovnanie zmien v krokoch v op.50	57
Tabuľka 15 Náklady na racionalizáciu layoutu	58

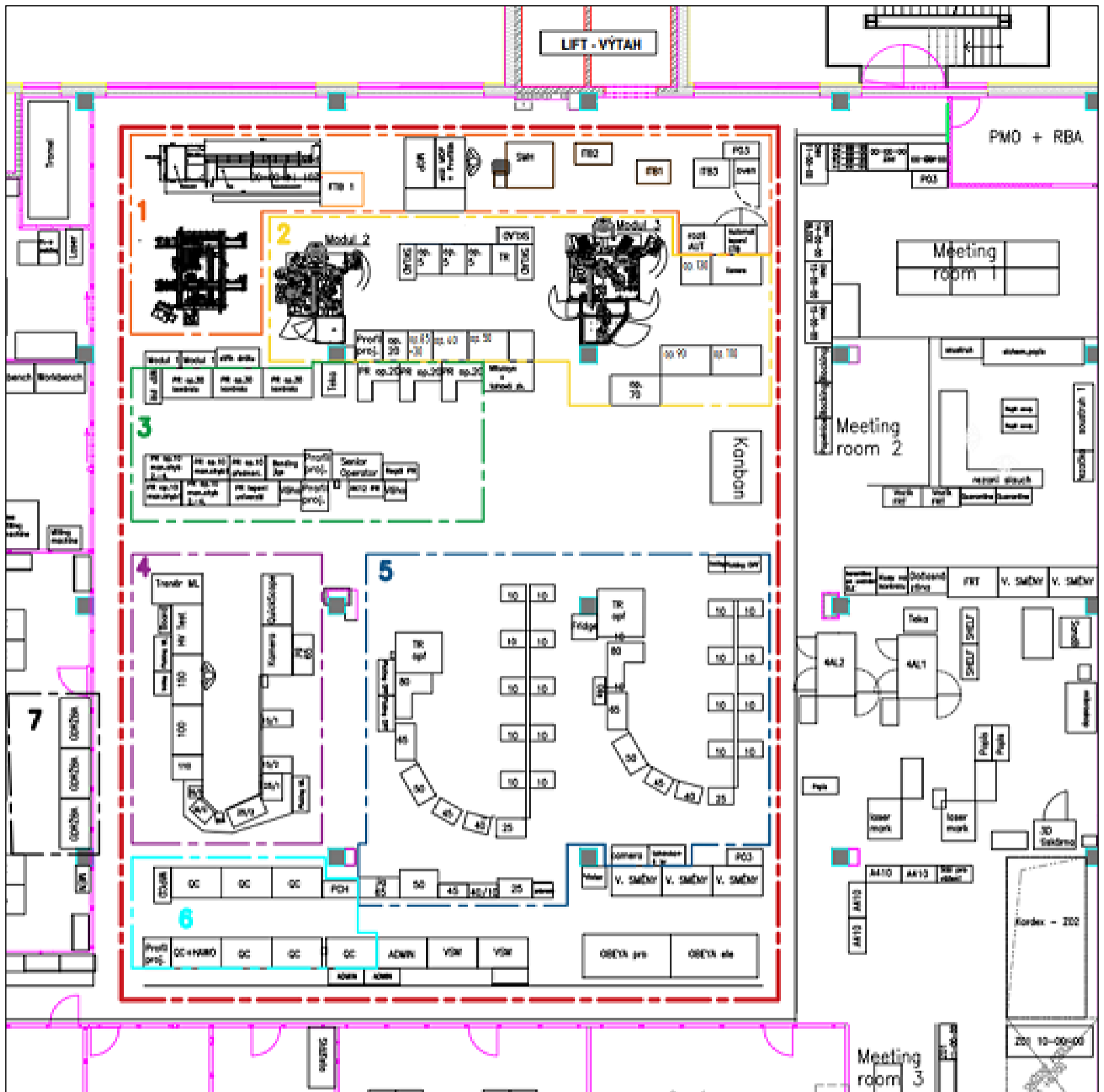
ZOZNAM PRÍLÔH

P I Layout

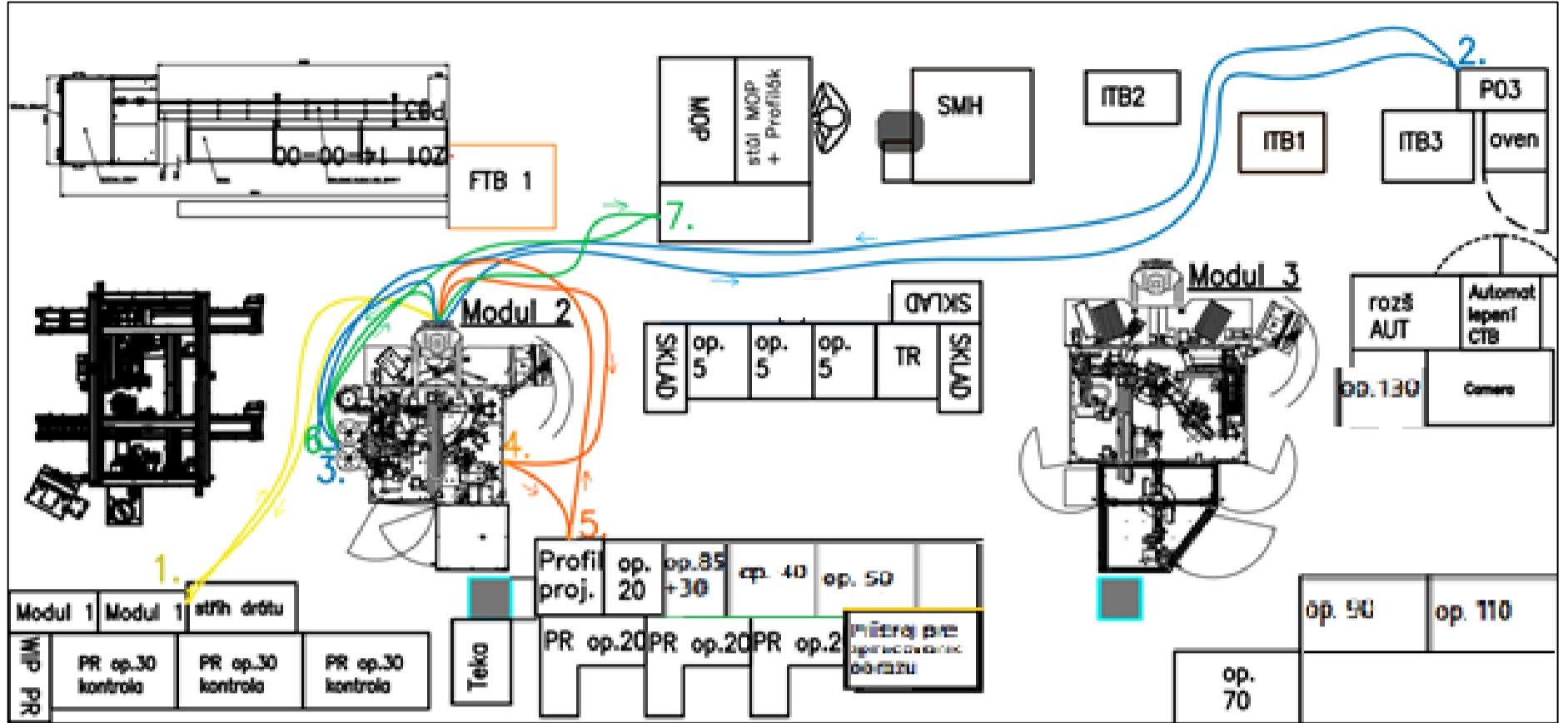
P II Špagetový diagram prípravy na op. 10

P III Špagetový diagram prípravy na op. 40

PRÍLOHA P I: LAYOUT



PRÍLOHA P II: ŠPAGETOVÝ DIAGRAM PRÍPRAVY NA OP. 10



PRÍLOHA P III: ŠPAGETOVÝ DIAGRAM PRÍPRAVY NA OP. 40

