

Optimalizace výrobního procesu montáže odtahové jednotky linky na extruzi fólií

Bc. Petra Hámorová

Bakalářská práce
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petra Hámorová**
Osobní číslo: **T13950**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Optimalizace výrobního procesu montáže odtahové jednotky linky na extruzi fólií**

Zásady pro vypracování:

- 1. Teoretická část:**
- 2. Charakteristika výrobního procesu montáže**
- 3. Optimalizace výroby**
- 4. Principy technologie výroby vyfukované fólie**
- 5. Praktická část:**
- 6. Analýza původního procesu montáže**
- 7. Návrh a implementace optimalizačních řešení**
- 8. Analýza optimalizovaného procesu montáže**
- 9. Komparace původního a optimalizovaného procesu**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. Dillinger, Josef Moderní strojírenství pro školu i praxi. . : Europa-Sobotáles, 2007. 978-80-86706-19-1
2. Fischer, Ulrich a kolektiv Základy strojírenství. . : Verlag Europa-Lehrmittel GmbH & Co. KG, 2004. 978-3-8085-1193-0
3. Mičkal, Karel a Přemysl Kolář Strojní montáže: učebnice pro studijní obor O2-11-4 strojírenství se zaměřením pro zpracování kovů a montáž strojů a zařízení. . : Státní nakladatelství technické literatury, 1987.
4. Ptáček, Luděk a kolektiv Nauka o materiálu II. . : Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2002. 80-7204-248-3
5. CHROMJAKOVÁ, Felicit a Rastislav RAJNOHA. Řízení a organizace výrobních procesů: kompendium průmyslového inženýra. Žilina: Georg, 2011, 139 s. ISBN 978-80-89401-26-0.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Martin Bednařík, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

2. ledna 2017

Termín odevzdání bakalářské práce:

19. května 2017

Ve Zlíně dne 30. ledna 2017



doc. Ing. František Buňka, 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 ¹⁾;
- 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 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ 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 ³⁾ 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

.....

¹⁾ 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 nevydělečně 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.

²⁾ 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 vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ 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 přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se věnuje optimalizaci procesu montáže odtahové jednotky pro linku na vyfukované fólie s cílem zefektivnění celého procesu. Práce je koncipována do teoretické části popisující aspekty montáže, možnosti optimalizace, extruzi fólií a vlastnosti linek na výrobu vyfukovaných fólií. Teoretická část je doplněna praktickou částí, která srovnává analýzu původního procesu a procesu, který byl optimalizován. Dále obsahuje návrhy zefektivnění stávající montáže. Práce je doplněna materiály, které s projektem úzce souvisí a byly v rámci projektu vytvořeny a využity.

Klíčová slova: montáž, optimalizace, extruze, proces, výroba

ABSTRACT

Bachelor thesis works with theme optimization of assembly process of towing unit for extruded foil and effectiveness of whole process. Thesis has got teoretical part, which describes montage process, possibilities of optimization, foil extrusion and attributes of extrusion lines. Practical part compare old process and the new. Practical part explore optimization tools from real utilization in production. As well thesis includes materials from project as layouts, manuals, descriptions.

Keywords: montage, optimization, extrusion, process, production

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří za mnou v posledních letech stáli a podporovali mě. Jsem ráda, že by to byl dlouhý výčet, protože to znamená, že jsem díky všem těmto lidem bohatý člověk. Především bych chtěla poděkovat mému manželovi za veškerou oporu, našemu synovi, že je báječným dítětem a manželům Háamorovým za dlouholetou pomoc.

Také bych chtěla poděkovat panu Ing. Martinovi Bednaříkovi, Ph.D. za odborné konzultace a cenné připomínky k mé práci. Paní PaedDr. Dagmar Havlíkové bych velmi ráda poděkovala za jazykovou korekturu a nestranné připomínky. Dále je mi ctí poděkovat panu Ing. Zdeňku Cvrčkovi za důvěru a také možnosti, které jsem pod jeho vedením získala. V neposlední řadě také děkuji panu Miroslavu Pospíšilovi a slečně Denise Trněné za konzultace praktické části bakalářské práce. Můj dík také patří celému kolektivu firmy Windmöller & Hölscher Prostějov, k.s.. Těší mě, že s Vámi mohu spolupracovat a od každého z Vás se učit. Věřím, že poděkovat je to nejmenší, co mohu udělat.

„Každý člověk je zámožný, pokud má zdravé ruce a rozum.“

Tomáš Baťa

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

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 CHARAKTERISTIKA VÝROBNÍHO PROCESU MONTÁŽE.....	10
1.1 MONTÁŽNÍ PROCES.....	10
1.2 MONTÁŽNÍ OPERACE	11
1.3 DRUHY MONTÁŽE.....	13
1.3.1 Proudová montáž.....	13
1.3.2 Neproudová montáž.....	15
2 OPTIMALIZACE VÝROBY	16
2.1 PRINCIPY ŠTÍHLÉ VÝROBY.....	16
2.2 KAIZEN	17
2.3 METODIKA OPTIMALIZACE VÝROBY A PROCESU.....	18
2.3.1 Definování cílů	19
2.3.2 Měření a analýza současného stavu.....	21
2.3.3 Návrh a implementace řešení	21
3 PRINCIPY TECHNOLOGIE VÝROBY VYFUKOVANÉ FÓLIE.....	23
3.1 ZÁKLADNÍ MATERIÁL	23
3.2 TECHNOLOGIE EXTRUZE	25
3.3 CHARAKTERISTIKA VÝROBNÍ LINKY NA EXTRUZI FÓLÍÍ	27
4 CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI	32
II PRAKTICKÁ ČÁST	33
5 PROJEKT OPTIMALIZACE MONTÁŽE	34
6 ANALÝZA PŮVODNÍHO PROCESU MONTÁŽE.....	35
6.1 KAPACITY SPOTŘEBOVANÉ PŮVODNÍM PROCESEM	36
6.2 ČASOVÁ STUDIE PŮVODNÍHO PROCESU MONTÁŽE	37
7 NÁVRH A IMPLEMENTACE OPTIMALIZAČNÍCH ŘEŠENÍ	43
7.1 IMPLEMENTACE JEDNOTNÉHO MONTÁŽNÍHO POSTUPU	43
7.2 ROZŠÍŘENÍ TECHNICKÉ DOKUMENTACE.....	44
7.3 VYTVOŘENÍ SPECIALIZOVANÉHO PRACOVÍŠTĚ A ZMĚNA LAYOUTU.....	45
8 ANALÝZA OPTIMALIZOVANÉHO PROCESU MONTÁŽE	49
8.1 KAPACITY SPOTŘEBOVANÉ OPTIMALIZOVANÝM PROCESEM	50
8.2 ČASOVÁ STUDIE MODULŮ OPTIMALIZOVANÉHO MONTÁŽNÍHO PROCESU	50
9 KOMPARACE PŮVODNÍHO A OPTIMALIZOVANÉHO PROCESU.....	56
ZÁVĚR	58
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	59
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	61
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	62
SEZNAM TABULEK	63
SEZNAM PŘÍLOH	64

ÚVOD

Vstupujeme do nového věku, kdy se vše dynamicky mění, a zjišťujeme, že ze starých pořádků a způsobů se můžeme poučit, ale zároveň bychom se měli snažit je zdokonalit, protože stále ve všech odvětvích posouvají limity. Tímto přerodem prochází samozřejmě i strojírenství. Ustává výroba primárních substitutů a stěhuje se do chudších zemí a náš region se začíná postupně specializovat na vysoce technicky náročnou výrobu.

Ve své práci se chci věnovat optimalizaci procesu montáže, tak, aby se stala efektivnější. V době, kdy jsou technologie na velmi vysoké úrovni, je čas zaměřit se na to, abychom pracovali chytře a maximálně využívali lidský kapitál, kterého začíná být v daném sektoru nedostatek. Vzhledem ke svému vzdělání chci propojit cenné poznatky z praxe, manažerské metody osvojené při studiu aplikované ekonomie s technickými znalostmi získanými při studiu na Fakultě technologické. Plně si uvědomuji, že proces má limity a ne každá optimalizace dává ve skutečnosti smysl, ale věřím, že úhel pohledu rozšířený o multidisciplinární znalosti mi pomůže dát věci logiku a dosáhnout žádaných výsledků přínosných pro praxi.

V současnosti se stává rozhodujícím faktorem při racionalizaci montážního procesu lidský kapitál, který máme k dispozici. V rámci odvětví se potýkáme s nedostatkem kvalifikovaných a perspektivních pracovníků na všech úrovních technicky zaměřené výroby. Z této situace plyne nutnost nastavit montážní procesy tak, aby byly srozumitelné například i člověku, kterému chybí potřebné technické vzdělání, a tudíž i souvislosti. Musíme ale opatrně vyhodnotit, do jaké míry je možné využívat pracovníky, kteří nemají primárně kvalifikaci strojírenského zaměření.

Cílem mé práce je zanalyzovat původní proces montáže s nově navrženým procesem a definovat optimalizační řešení, která byla použita v praxi. Na závěr by měla být vyhodnocena efektivita provedených změn a celkové vyhodnocení projektu optimalizace. Doufám, že tato teze splní svůj účel a poslouží i v budoucnu jako základ pro další rozvoj a práci, kterou bych ráda zrealizovala.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA VÝROBNÍHO PROCESU MONTÁŽE

Montáž je standardní výrobní proces, na který můžeme nahlížet z několika úhlů pohledu. Montážní procesy můžeme analyzovat a posuzovat hlavně z hlediska strojírenského (technologičnost, kvalita) a ekonomického. Proces montáže může být ovlivněn mnoha faktory. Pokud se zaměříme na samotnou montáž, může hrát zásadní roli kvalita jednotlivých dílů, zručnost pracovníků, montážní pracoviště apod. Příkladem může být nákup levnějších dílů, které se jeví ekonomicky přijatelnější, ale mohou zpomalovat samotný proces a ve výsledku, se použití takových dílů může prodražit, protože nekvalitní díly s sebou nesou nutné vícepráce a prodloužení doby montáže. Odborná literatura uvádí, že: „*Charakteristická zvláštnost montážního postupu je v tom, že při vstupu součástí do montáže se projeví všechny nedostatky předchozích operací.*“ [1] Výše zmíněné platí i pro chyby, které vzniknou při montování jednotlivých sestav a podsestav výrobku.

Pro montáž je charakteristické, že je to proces, do kterého vstupují určité hodnoty, které jsou díky němu přeměněny na strojírenské či jiné výrobky. Mezi základní prvky, které jsou nedílnou součástí procesu, patří výrobní prvky, neboli součásti, prostředky montáže, zařízení, energie, technická dokumentace a lidský kapitál. Setkáváme se velmi často i se specializovanými přípravky, navrženými speciálně pro daný montážní proces nebo jeho část. Kvalita všech těchto základních prvků ovlivňuje kvalitu celého výstupu – konečného strojírenského výrobku a celkovou dobu a náklady na jeho montáž. Pokud se zaměříme na časové objemy, tvoří montáž většinou okolo 30 % času potřebného pro zhotovení konečného výrobku. *Rozsah montážních prací, se ale může přiblížit až k 90 % u velmi pracných zařízení.* [1]

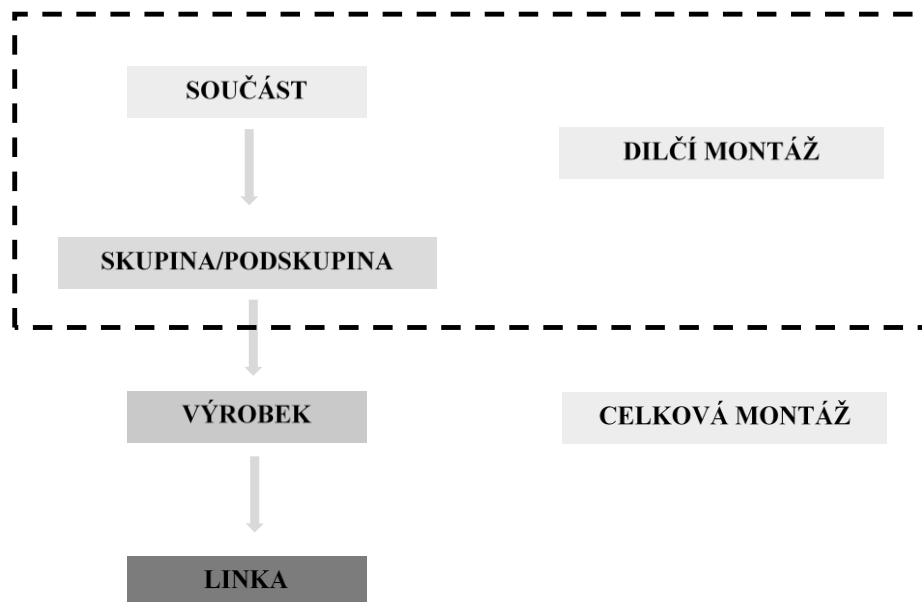
1.1 Montážní proces

Technologický proces montáže můžeme rozdělit do několika fází. V primární nebo také prvotní fázi jsou vstupem do procesu jednotlivé součástky. Součástka je nejjednodušším elementem výrobku. Můžeme pracovat se součástmi přímo v závodě vyrobenými nebo normovanými, které jsou dodávány. Pokud se nejedná o úzce specializovanou výrobu se zvláštními nároky, je výhodné volit převážně součásti normované, a to z důvodu, že jsou většinou levnější, protože pocházejí ze specializovaného závodu a snižuje se portfolio výrobních úseků, které by musela produkce pokrýt, čímž se šetří prostory, čas, pracovníci a kapitál.

Do dílčí montáže zahrnujeme i montážní skupiny nebo podskupiny, které vznikají z jednotlivých součástí. „*V případě složitějších výrobků (např. velkých lisů) je účelné smontovat*

samostatně jednotlivé konstrukční skupiny.“ [2] Rozpad výrobku na jednotlivé montážní skupiny dává prostor například pro montování podskupin do zásoby tzv. na sklad nebo vznik centrálního pracoviště v případě, že se funkční skupiny opakují u více výrobků.

Výstupem z montážního procesu a celkové montáže je výrobek, který je v elementárních případech smontován ze součástí u technicky náročnějších zařízení z jednotlivých skupin. Dále je možné jednotlivé výrobky používat ve výrobních linkách a tratích. Na konečném výrobku jsou patrné veškeré kvalitativní nedostatky, které vznikly předchozí montáží. Je reálné, že skupiny mohou individuálně vyhovět kvalitativním kritériím, ale kompletní výrobek již ne, a proto je nedílnou součástí montážního procesu kontrola kvality a správnosti použitých postupů.



Obr. 1: Schéma procesu montáže [Vlastní zpracování]

1.2 Montážní operace

Montážní operace jsou soustavné činnosti, které jsou prováděny na pracovišti montáže, a jejich výsledkem je požadovaný výrobek. Samotná pracoviště můžeme rozdělit podle úrovně automatizace, a to na manuální, mechanizovaná a automatizovaná montážní pracoviště. Samotné činnosti prováděné v rámci montáže můžeme rozdělit do tří stěžejních skupin, a to podle charakteru práce. [1]

- **Přípravné operace**

Jde o práce, kterými je zahájena samotná montáž. Přípravné práce zahrnují převzetí materiálu a součástí. Zahrnují i kontrolu kvality a provedení jednotlivých prvků, která musí odpovídat přiložené technické dokumentaci. Do této kategorie řadíme i úpravu součástí, jako je např. odmašťování, broušení apod.

- **Montážní operace**

Jádro celého procesu tvoří samotné kompletování výrobku nebo skupiny, kdy jsou jednotlivé prvky nižší úrovně spojovány do vyšších celků. V této fázi je důležité dodržovat požadavky na provedení výrobku (např. utahování šroubů na požadované momenty).

- **Dokončovací operace**

V závěru celého procesu kontrolujeme funkčnost celého výrobku, a to pohledově, po stránce funkčnosti spuštěním. Předpokládáme, že použité součásti odpovídají technickým požadavkům. Ve finální fázi montáže dále provádíme např. nastavení stroje na požadované hodnoty.

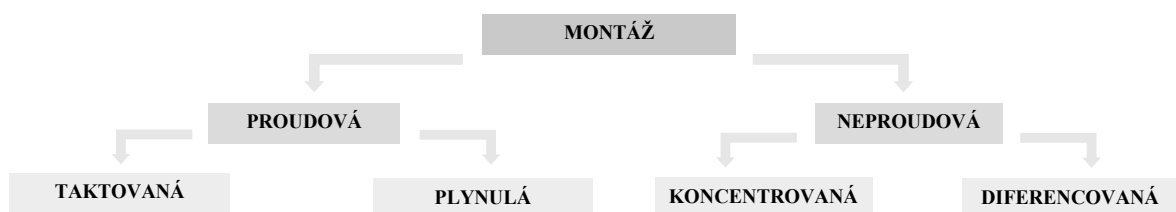
- **Demontáž**

Za doprovodnou operaci v rámci montáže můžeme považovat demontáž, kdy je již hotové a často vyzkoušené zařízení převážně z transportních důvodů částečně rozebráno. Operace demontáže opět podléhá technické dokumentaci. [2]

V průběhu všech montážních operací pracujeme s technickou dokumentací. Do technické dokumentace zahrnujeme kusovníky, které obsahují seznam součástí, které jsou ve výrobku použity. Kusovníky jsou doplněny potřebnými výrobními výkresy. Tyto dva hlavní zdroje informací bývají doplněny montážními postupy, které popisují jednotlivé činnosti, jejich souslednost, náročnost a časový objem. Dále se setkáváme s využíváním fotodokumentace nebo různých technických tabulek.

1.3 Druhy montáže

Při definování montáže pro konkrétní výrobu můžeme volit z několika typů montážních procesů, jak je patrné z níže uvedeného schématu. Do druhů montáže můžeme zařadit ještě demontáž, kdy se jedná o částečné rozebrání zkompletovaného výrobku, např. z transportních důvodů.



Obr. 2: Rozdělení druhů montáže [Vlastní zpracování]

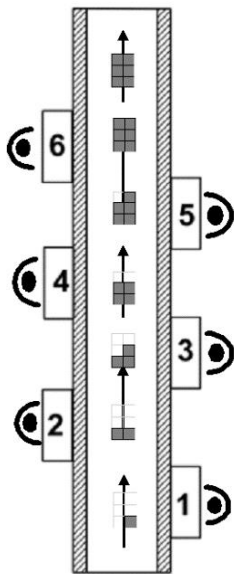
1.3.1 Proudová montáž

Pro proudovou montáž je charakteristické, že je v pohybu. Základní části konečného výrobku jsou pohyblivé vzhledem k jednotlivým montážním pracovištím, která jsou specializovaná, a základní části výrobku se v průběhu montáže přesouvají po jednotlivých montážních boxech, kde je prováděna dílčí montáž. Tento druh montáže volíme v případě, že jsou si jednotlivé výrobky velmi podobné nebo jsou vyráběny ve velkých množstvích. Proudovou montáž můžeme rozdělit ještě na další dva níže uvedené a popsané poddruhy.

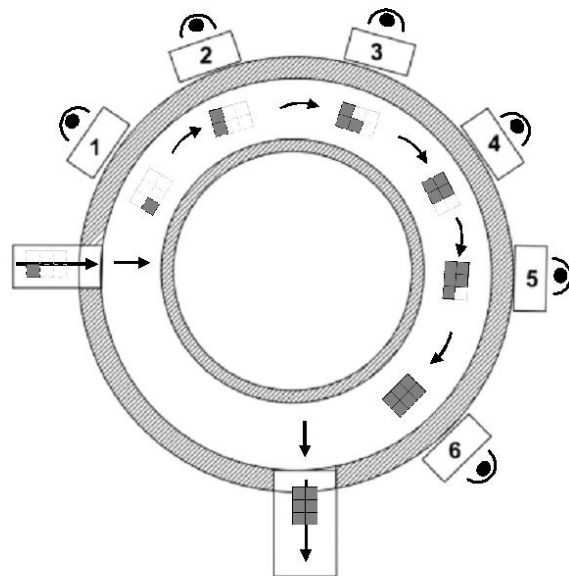
- **Plynulá montáž**

Setkáváme se i s označením plynulé proudové montáže jako sériové. V plynulé montáži je nejčastěji využit dopravníkový systém. Výrobní linky mohou být např. pásové nebo kruhové. Základní část výrobku putuje na dopravníku k jednotlivým pracovištím nebo pracovníkům. Proces můžeme označit za nepřetržitý a s minimem prodlev, jako je např. hledání materiálu, nástrojů apod., protože pracoviště je nastaveno přesně na daný montážní krok.

Možnosti řešení plynulé montáže jsou patrné na obrázcích níže. Je uvedeno uspořádání dopravníkového pásu přímého – přímková montáž. [3] Montáž je rozdělena do šesti postupných kroků, které provádějí jednotliví pracovníci. V moderních provozech je možné pracovníky v určitých fázích nahradit roboty. Druhou uváděnou variantu představuje kruhový dopravník, který můžeme volit například při nedostatku prostoru, nebo pokud se jednotlivé operace příliš neliší a můžeme využít společného prostoru ve středu dopravníku, například pro součástky.



Obr. 4: Pásová plynulá montáž
[Vlastní zpracování]



Obr. 3: Kruhová plynulá montáž
[Vlastní zpracování]

- **Taktovaná montáž**

Taktovaná montáž je obdobou montáže plynulé, někdy je nazývána jako stacionární sériová montáž. Je charakteristická prodlevami v montáži. Toto narušení vytváří taktovanou strukturu procesu. Taktovanou montáž můžeme nastavit tak, že se výrobek kompletuje na jednom místě a v taktech přicházejí jednotliví specializovaní pracovníci a materiál, nebo se přesouvá samotný výrobek.

1.3.2 Neproudová montáž

Neproudová montáž se profiluje stacionárním pracovištěm, na kterém vzniká celý výrobek. Tento model montáže aplikujeme pro komplikované a rozměrově náročné výrobky. U takovýchto zařízení jsou většinou i náročnější požadavky na zpracování a kvalitu a málo dílčích činností, která by se dala nahradit i nekvalifikovanými zaměstnanci, jako je tomu často u proudové montáže. Pracuje se např. s nadrozměrnými díly, což s sebou nese bezpečnostní rizika, a je třeba, aby tyto práce vykonávali kvalifikovaní a zodpovědní pracovníci. Neproudová montáž má ještě další dvě podskupiny.

- **Koncentrovaná montáž**

Jde fakticky o nejdelší montážní proces. Na jednom pracovišti provádíme kompletní postupnou montáž výrobku s jednou skupinou pracovníků, kteří zkompletují celý výrobek. Nevýhodou tohoto druhu montáže je velký objem spotřebovaného času a místa, pracoviště je obsazené po celou dobu montáže výrobku. Pozitivem tohoto procesu může být to, že je zřejmé, kdo na výrobku co montoval, a tím pádem jsou snadno nastavené zodpovědnosti. Montéři mají přehled o průběžném stavu dílů, výrobku, průběhu montáže. Koncentrovanou montáž je vhodné volit pro složité, nadrozměrné výrobky nebo výrobky vyžadující nadprůměrnou kvalitu. Uplatňujeme ji v tzv. kusové neboli zakázkové výrobě. [3]

- **Diferencovaná montáž**

Diferencovaná montáž je efektivnější variantou montáže koncentrované. V rámci výrobku jsou identifikované jednotlivé montážní skupiny a podskupiny, které jsou kompletovány mimo hlavní koncentrovanou montáž. Tento způsob umožňuje zkrácení průběhu výrobního procesu. Paralelní montáž podskupin mohou provádět buď pracovníci z montážní skupiny, nebo zcela jiní. Zhoršuje se transparentnost procesu, protože je rozdělen na jednotlivé úrovně a mezi více jedinců, a tím pádem je kontrolní proces náročnější. Kompletování výrobku z jednotlivých montážních skupin označujeme jako konečnou montáž.

2 OPTIMALIZACE VÝROBY

S ohledem na to, že cílem praktické části této bakalářské práce je racionalizace dílčího procesu montáže jednotky linky na extruzi fólií, je vhodné přiblížit i problematiku montáže a řízení výroby z hlediska manažerského a procesního. V této fázi se dostáváme na pomezí strojírenství a managementu, kdy je nutné tyto dva proudy vzájemně propojit do funkčního celku tak, aby koncepce daného projektu opravdu dávala smysl a bylo reálné projekt zrealizovat. Je dost možné, že analýza sestavená pomocí různých manažerských nástrojů nebude v praxi realizovatelná např. z důvodů technologických.

Pro procesního manažera se může jevit jako zcela reálné vyrábět produkt proudovým typem montáže, kdy rozpracovaný výrobek putuje montážními pracovišti na různě koncipovaném dopravníkovém systému a projekt se zdá být efektivní, realizovatelný a v budoucnu přinášející velkou úsporu. Z pohledu technické je např. pro daný produkt tento typ montáže nevhodný z důvodu náchylnosti konstrukce výrobku na vyvážení a seřízení, které není možné garantovat v průběhu celé montáže, a tím pádem je ovlivněna kvalita výsledného produktu, což je nežádoucí, protože nejdůležitějším kritériem je orientace na naplnění požadavků zákazníka a garance vysoké kvality.

V současné době, kdy máme k dispozici nepřehledné množství materiálů a technologií, ale naopak nedostatek kvalifikovaných pracovníků, se stále více průmysl orientuje na inteligentní racionalizaci procesů. Nejde tedy pouze o krátkodobá a levná řešení, jako nákup levnějších substitutů, ale celkové rozsáhlé projekty, zasahující do původních struktur procesů. Je důležité zmínit, že tyto procesní změny s sebou nesou inovace, které se projevují napříč odděleními podniku, a proto nejde čistě o výrobní úsek. Jednotlivé změny provedené ve výrobě mají často dle hodnotového řetězce nebo stromu hodnot dopad např. na oddělení logistiky, expedice nebo personální útvar.

2.1 Principy štíhlé výroby

Štíhlá výroba nebo také mezinárodně uznávaný pojem Lean Production je výrobní filozofie, která je prostředkem pro získání konkurenční výhody. V těchto souvislostech hovoříme o konkurenční výhodě strategické, tedy v dlouhodobém horizontu. Štíhlá výroba je východním konceptem. „*Ten spočívá ve výrobě pružně reagující na požadavky zákazníka a poptávku, která je řízena decentralizovaně prostřednictvím flexibilních pracovních týmů, při malé hloubce výroby (nízkém počtu na sebe navazujících výrobních stupňů).*“ [4] Můžeme uvést

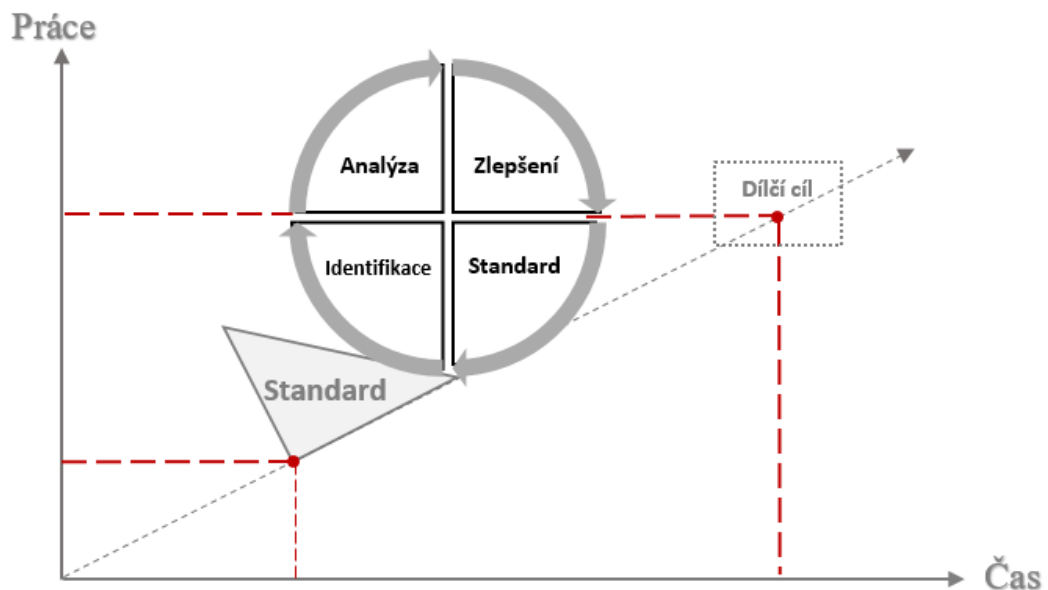
další definici charakterizující štíhlou výrobu jako celkový koncept. „*Lean je sdružení principů a metod, jež se zaměřují na identifikaci a eliminaci činností, které nepřinášejí žádnou hodnotu při vytváření výrobků nebo služeb, jež mají sloužit zákazníkovi procesu.*“ [5]. Z výše uvedené definice je patrné, že hlavním principem managementu v duchu Lean je identifikace a eliminace plýtvání.

Plýtvání je samo o sobě širokým pojmem, který můžeme i v rámci výrobního inženýrství uchopit z různých úhlů. Nejčastěji přichází na řadu plýtvání materiálem, protože to je často viditelné. Skrytým druhem plýtvání mohou být časové prostoje. V celkovém důsledku je ale stěžejní i plýtvání výrobní plochou, kdy je špatně uspořádané pracoviště nebo je plocha zbytečně dlouho obsazena. Můžeme plýtvat lidskými zdroji, např. na nekvalifikované činnosti. Dále se může vyskytovat plýtvání i v procesech jako takových nebo v administrativě, kdy se může projevit jako špatné nastavení komunikace či zodpovědností.

2.2 KAIZEN

Jako představitele filozofie štíhlé výroby je možné uvést Kaizen. Kaizen je systematika, se kterou se pravděpodobně setkáme při zavádění změn do již běžících procesů. Stručně vystihuje Kaizen snaha dosáhnout menších – dílčích úspěchů v kratším časovém horizontu. Tato „malá“ zlepšení v součtu přinášejí významný kladný efekt. „*Kaizen je kombinací dvou japonských slov: kai znamená „změň vše“ a zen znamená „ku prospěchu všech“.* Přístupy Kaizen vycházejí z předpokladu, že změny v malých pravidelných přírůstcích, jsou-li dlouhodobě aktivně udržovány, mohou ve svém souhrnu přinést významná zlepšení výkonnosti procesů.“ [5]

Nespornou výhodou Kaizenu je to, že je možné ho v rámci podniku zahájit v malém měřítku v podobě krátkých workshopů s menším projektovým týmem. Kaizen může být prvním krokem k zavedení inteligentního řízení procesů. Můžeme ho například využít, pokud vyvstává otázka, že ve výrobě chybí pracovníci. Je diskutovatelné, zda nám primárně opravdu zaměstnanci chybí. Výstupem z Kaizen workshopu může být zlepšení procesů tak, abychom dokázali pokrýt navýšení i se stávající zaměstnaneckou základnou. Současným trendem již není řešit problémy kvantitou, tedy navýšením kapacit nebo procesů, ale kvalitou, tedy zlepšováním stávajících procesů, podmínek a vstupů.



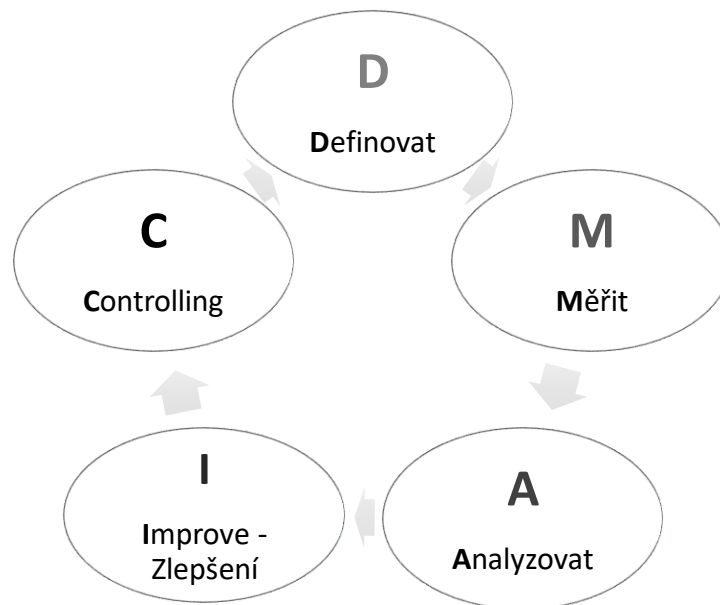
Obr. 5: Kaizen [Vlastní zpracování]

2.3 Metodika optimalizace výroby a procesu

V kontextu této bakalářské práce je celkovým procesem výroba, která je tvořena dílčími montážemi. Můžeme optimalizovat jak výrobu v globálním pohledu, tedy celopodnikově, nebo se zaměřit na dílčí úseky vnitřní struktury montáže, jak je tomu v tomto případě. Rozhodnutí, zda budeme optimalizovat výrobu jako celek, nebo jednotlivé úseky, je vhodné činit s ohledem na rozsah produkce. Pro úspěšnou realizaci projektu je důležité držet se několika základních kroků a zvolit vhodné nástroje a metody, které budou vyhovovat přímo potřebám dané výroby. Je reálné, že to, co funguje výborně v sériové výrobě komponentů pro automobilový průmysl, je velice neefektivní při použití v zakázkové výrobě. Tento fakt ale neznamená, že se daná metoda nedá použít v upravené podobě, případně nemůže sloužit jako dílčí prostředek k dosažení určitého cíle nebo danou metodu můžeme vyloučit a získáme informaci, že je pro nás nevhodná. „Dynamickým prvkem zlepšování procesů je změna. Poměrně mnoho procesů zlepšování krachuje nebo profituje právě na ní.“ [6] I to, že se projekt ubírá do tzv. slepé uličky, nemusí být vnímáno pouze negativně, protože se ocitáme v situaci, z které je možné se poučit, a stavu z, kterého je možné dále vycházet.

V současnosti je poměrně mnoho metodik zefektivňování a racionalizace výroby, proto teoretická část nastiňuje pouze část možností, které je možné dále využívat a které budou rozpracovány prakticky v druhé části práce. Díky tomuto nepřebornému množství pohledů a nástrojů můžeme sestavovat pro každou výrobu určitý modifikovaný optimalizační proces, který využije těch nejvhodnějších nástrojů pro daný případ. Zásadní je pro mne pro individuální řešení problematiky v daném kontextu. Z důvodu širokého portfolia manažerských metod pro optimalizování procesů představuji pouze ty, které byly hlavně využity v návaznosti na praktickou část bakalářské práce.

Při optimalizování výrobních procesů můžeme zvolit například metodiku DMAIC, která je součástí principů Six Sigma a je nástrojem, který umožní řídit i technologické optimalizační procesy. Princip je vystižen v pěti fázích Six Sigma, které jsou velmi snadno modifikovatelné a aplikovatelné pro široké spektrum oblastí. [7]



Obr. 6: DMAIC schéma [Vlastní zpracování]

2.3.1 Definování cílů

Vycházejme se situace, že organizace má nastavený jistý systém controllingu. Většinou se při interním auditu projeví určité negativní jevy. Za ně můžeme považovat stagnaci výroby, propad výroby, nižší zisky apod. Druhou variantou je, že je situace uspokojivá, ale je stále prostor pro zefektivnění a zlepšování. V tomto momentu nastává rozhodnutí současnou situaci řešit a dosáhnout v následujících obdobích lepších výsledků.

V této fázi je důležité jasně vytyčit cíle, kterých máme dosáhnout, případně se jim alespoň přiblížit v podobně dílčích cílů. K analýze stanovených cílů můžeme použít SMART metodu. Metoda SMART určuje charakteristiky, které by měl každý stanovený cíl splňovat, tak, abychom ho v budoucnu dokázali dosáhnout. Prověření stanovených cílů je prvním krokem k úspěchu. Cíl musí být jasně zadaný, musíme ho nastavit tak, abychom jej dokázali vyhodnotit – čemuž odpovídá volba správných ukazatelů. Cíl by měl být zvolen tak, aby přinesl kolektivní užitek a nedostali jsme se do bodu tzv. Paretova optima, tedy stavu, kdy bude užitek jednoho zvýšen pouze na úkor někoho jiného. Cíl musí být uskutečnitelný a pro jeho realizaci volíme časový horizont, který odpovídá skutečným potřebám.

Tab. 1: SMART analýza cíle [Vlastní zpracování]

S	Specific	definovaný
M	Measurable	měřitelný
A	Agreed	ve shodě
R	Realistic	reálný
T	Timed	časově vymezený

- **Projektový tým**

Dalším velmi důležitým bodem je sestavení projektového týmu, který bude optimalizaci zpracovávat. Tým by měl být složen z přiměřeného počtu pracovníků. Měly by být vyváženě zastoupeny jednotlivá oddělení a úrovně. Je zásadní stanovit hned v počátku hierarchii pracovní skupiny a zodpovědnosti. Vedoucí pracovník by v tomto případě měl mít potřebné soft-skills pro řízení týmu, tak, aby dokázal efektivně rozdělovat úkoly do dílčích pracovních skupin a kolegy motivoval, protože velká část projektu stojí na lidském potenciálu, který je dnes jednou z nejcennějších komodit, a je třeba efektivně pracovat a těžit z lidského kapitálu a znalostí, které s sebou jednotliví pracovníci přinášejí, a nahlížet na pracovní skupinu, tak, že každý je jedinečným zdrojem informací, nezávisle na pozici.

Pro hladký a co nejrychlejší průběh projektu a řešení problémů spojených s tématem je

vhodné nastavit eskalační proces. Ten můžeme následně využít i v řešení konkrétních problémů v montáži. Jasně nastavené zodpovědnosti a komunikační kanály přináší dynamičtější řešení problémů a zefektivnění celé procedury.

2.3.2 Měření a analýza současného stavu

Pokud se dostáváme do fáze, kdy máme vytyčené určité cíle, které jsme se rozhodli realizovat, je důležité analyzovat výchozí stav. Je důležité vstupní analýzu provést pečlivě, nejlépe na základě dat z nezávislých zdrojů. Můžeme porovnávat například experimentální data s modelovou analýzou, vytvořenou na základě historických údajů. Můžeme využít různých manažerských nástrojů a metodik, ale další cestou je například i rozhovor se zaměstnanci nebo hodnotící dotazník. Je nutné brát zřetel na všechny účastníky procesu, protože oni jej vytváří a hrají v něm významnou roli jako nositelé důležitých informací a znalostí.

Čím komplexněji analýzu provedeme, tím získáme kvalitnější výchozí data, která poskytnou obraz současného stavu. Je vhodné využít co nejširší portfolio metod a nástrojů pro získání dat s co největší vypovídající hodnotou, které porovnáme s daty získanými méně sofistikovanými metodami, jako je například rozhovor s pracovníky. Musíme zohledňovat to, že matematické metody a manažerské modelování mají v praxi své limity, které jsou omezovány různými faktory. Tento fakt je patrný zvláště ve strojírenství, kdy například při normování můžeme vypočítat, že dokážeme stroj vyrobit s využitím pěti mechaniků, ale musíme například zohlednit, že v tomto počtu již není možné montáž daného modulu provádět bezpečně a efektivně. Informaci o hygieně a bezpečnosti práce obtížně postihneme matematickým modelem a většinou vycházíme z praktických poznatků nebo experimentálních zjištění.

2.3.3 Návrh a implementace zlepšení

V této fázi jsou na základě úzkých míst definovaných v analýze současného stavu navrženy možnosti řešení. Tyto návrhy jsou následně uváděny do praxe v tzv. pilotní neboli testovací fázi projektu, kdy se prakticky ověřuje, zda jsou navržené modely opravdu řešením a cestou k dosažení vytyčených cílů. V praxi se můžou například objevit neočekávané technické limity, které neumožňují využít navržené řešení. Samozřejmě může být výsledkem testovací fáze to, že daný směr projektu není správný, a pro dosažení cílů je třeba zvolit novou cestu a nové metody.

- **Standardizace**

V případě, že se podařilo ověřit, že navržená řešení spějí k naplnění vytyčených cílů a jsou dostatečně ověřeny v testovací fázi, je možné je implementovat do výrobního procesu a postupu jako standard, na kterém se dá stavět, ale který je běžnou součástí celého procesu. Je vhodné s výsledky projektu a s plánem standardizace navržených postupů seznámit i další oddělení a pracoviště, a to i v případě, že se jich samotný projekt netýkal, protože se předejde různým dezinformacím.

3 PRINCIPY TECHNOLOGIE VÝROBY VYFUKOVANÉ FÓLIE

Následující kapitoly této bakalářské práce se věnují technologii zpracování polymerů pro výrobu vyfukované fólie. Zařízení, které prochází optimalizačním procesem, který je analyzován v praktické části, je součástí právě linky na výrobu tohoto produktu. V této práci se zaměříme na fólii, která je převážně využívána jako obalový materiál. *Raab uvádí, že: spotřeba termoplastů v USA na obaly představovala v roce 1997 33%.* [8] Z tohoto čísla je patrné, že obaly a fólie představují významný segment trhu a objemu výroby. Je to dáno stavem konzumní společnosti a požadavky zákazníka.

3.1 Základní materiál

Základním materiálem pro výrobu fólií jsou polymery neboli plasty. „*Názvem plasty se obecně označují materiály, jejichž podstatnou část tvoří organické makromolekulární látky (polymery).*“ [8] Polymery jsou v současnosti velice rozšířeným materiálem a jejich zpracování a použití zaznamenává progresivní tendence, kdy se s tímto druhem materiálu setkáváme prakticky všude a ve všech odvětvích. „*Z technického hlediska spočívá jejich mnohostranná použitelnost v jejich mimořádných vlastnostech a možnostech vyrábět plasty s velmi rozdílnými vlastnostmi.*“ [9] Dále uvedená tabulka představuje rozdělení, vlastnosti a základní využití jednotlivých druhů polymerů. V technické praxi se často setkáváme i s rozdělením plastů podle jejich využití, kdy je dělíme na komoditní, konstrukční a speciální. Z komoditních plastů jsou zhotovovány běžné výrobky, konstrukční plasty splňují náročné technické požadavky na materiál a jsou nákladnější. Speciální plasty mají jedinečné vynikající vlastnosti, využívané ve specifické výrobě, kdy tomu odpovídá i vysoká cena výrobků.

Tab. 2: Rozdělení a použití plastů [Vlastní zpracování]

PLASTY		
TERMOPLASTY	REAKTOPLASTY	ELASTOMERY
Svařitelné a tvářitelné za působení tepla	Po vytvrzení nejsou za dalšího působení tepla opětovně tvářitelné a svařitelné	Vyznačují se vysokou elasticitou
Fólie, izolace	Lepidla, armatury	Pneumatiky, těsnění, guma

- **Polyethylen (PE)**

Při výrobě fólií se nejčastěji jako surovina používá polyethylen. Samotný polyethylen získáváme polymerací ethylenu a je složen z uhlíku a vodíku. Polymerace je proces, při kterém dochází ke spojování elementárních jednotek ve složitější celky. Jde o nepolární krystalizující polymer. Polyethylen zařazujeme do skupiny termoplastů, je pro něj jako pro ostatní termoplasty charakteristické, že při zahřátí je možné jej tvářet nebo svařovat – svařování fólií. Je pro něj typické, že je bezbarvý, tvarově pevný až do 80°C, vysoce chemicky odolný a je elektro-izolantem. Hovoříme o významném materiálu z výrobního hlediska, protože má široké spektrum použití a vyznačuje se nízkou cenou.

Tab. 3: *Vlastnosti Polyethylenu [Vlastní zpracování]*

VLASTNOSTI POLYETHYLENU	
Modul pružnosti v tahu [MPa]	200 -1400
Mez pevnosti v tahu [MPa]	8-35
Teplota tání [°C]	120 - 137
Teplota skelného přechodu [°C]	-110 - (-122)
Hustota [kgm ⁻³]	914 - 960
Nasákavost (H ₂ O, 23°C, 24h)	< 0,01 %

Rozlišujeme několik druhů polyethylenu, které se vzájemně liší vlastnostmi. Na jednotlivých typech polyethylenu je patrná rozmanitost možností jeho využití v technické praxi a z toho plynoucí rozšíření tohoto materiálu.

Tab. 4: Modifikace polyethylenu [Vlastní zpracování]

Název	Zkratka	Vlastnosti
Vysoko-hustotní polyethylen High-Density Polyethylen	HDPE	<ul style="list-style-type: none"> - Lineární struktura - Vlastnosti v horním intervalu PE - Běžné výrobky
Nízko-hustotní polyethylen Low-Density Polyethylen	LDPE	<ul style="list-style-type: none"> - Rozvětvená struktura - Vlastnosti spodní části intervalu PE - Fólie, hračky, obaly
Středně-hustotní polyethylen Middle-Density Polyethylen	MDPE	<ul style="list-style-type: none"> - Střední hodnota hustoty
Lineární nízkohustotní polyethylen Linear-Low-Density Polyethylen	LLDPE	<ul style="list-style-type: none"> - Nízká hustota - Rozvětvená struktura - Vysoko-pevnostní fólie o malé tloušťce
Velmi vysokohustotní polyethylen Ultra-High-Molecular-Weight Polyethylen	UHMWPE	<ul style="list-style-type: none"> - Velmi vysoká hustota - Namáhané součásti (ložiska, formy apod.)

3.2 Technologie extruze

Zpracování polymerů extruzí je stále považováno za primární technologii v odvětví zpracování plastů a plastikářské technologii. Každý kilogram polymeru projde v průběhu své životnosti minimálně jednou vylačovacím strojem. [10]

Polymer vstupuje do výroby nejčastěji v podobě granulátu, jedná-li se o termoplasty. Reaktoplasty mají jako primární surovina pro výrobu podobu práškovou, tekutou, eventuálně

pastovitou. Teplotu na začátku procesu uvažujeme ve většině případů 20°C. V případě forem polyethylenu, který vstupuje do výroby fólií nejčastěji, tedy hovoříme o granulátu, protože se jedná o termoplast.

Většinou nebývá zpracováván polymer v čisté podobě, ale je obohacen o aditiva, která mají ovlivnit jeho vlastnosti. Můžeme se například setkat s aditivou, které prodlužují životnost, jako jsou UV-stabilizátory, zabraňující stárnutí plastu v důsledku působení UV záření, nebo naopak degradabilní přísady, které usnadňují proces rozkládání plastu, který je jinak velmi stálým materiálem, díky chemickým vlastnostem. Běžné je i obohacování o barviva ovlivňující vizuální podobu výsledného produktu.

Polymer prochází v průběhu zpracování třemi fázemi, které jsou popisovány jako zásobovací, kdy dochází k dodávání vstupního materiálu většinou při teplotě 20°C. Během přechodové fáze vzniká tavenina, dosahující, dle typu polymeru, přibližně 200°C. V poslední fázi dochází k výstupu polymeru z vytlačovacího zařízení. Při extruzi polymerů je důležité dosáhnout plného roztavení polymeru, udržení teploty taveniny nižší než degradabilní pro daný polymer a udržení dostatečného tlaku.

Výpočty, které souvisejí s extruzí polymerů, jsou poměrně komplikované, protože musíme přihlídnout k reologickým specifikům polymerních látek, které podmiňují vlastnosti chování taveniny. Nemůžeme aplikovat poznatky ze slevárenství kovů, protože polymerní látky se chovají jiným způsobem než kovy. V současnosti využíváme i v odvětví zpracování plastů vyspělý software, který poskytuje výpočtovou podporu. Pro příklad je možné uvést softwaru specializované na extruzi EXTRUCAD.

Výrobky vyráběné pomocí technologie extruze zhotovujeme na výrobních zařízeních nazývaných extrudéry. Extrudéry jsou součástí více či méně komplikovaných linek. Díky těmto výrobním zařízením můžeme vyrobit široké spektrum výrobků, které nás obklopují v každodenním životě. „*These machines extrude a tremendous variety of products at high rates. Among these are cables and wires, pipes, films, sheets, coating of paper and other substrates, monofilaments, and various contoured profiles.*“ [11] Hovoříme tedy o velmi obtížně nahraditelné moderní technologii výroby.

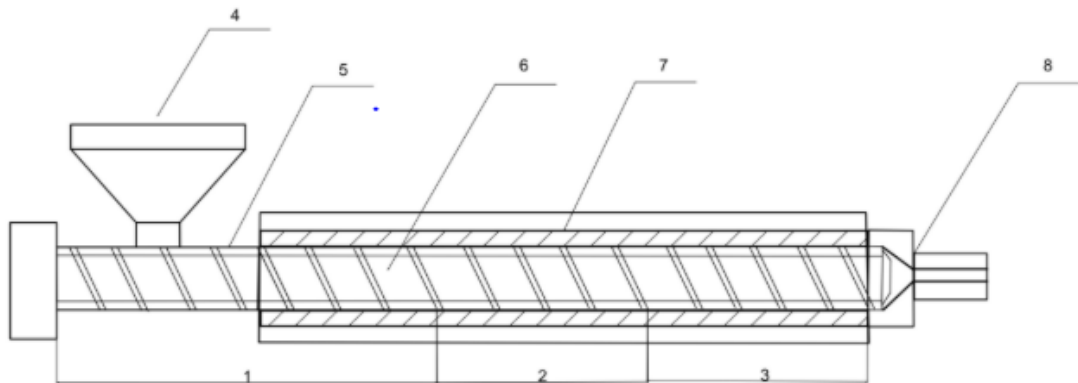
3.3 Charakteristika výrobní linky na extruzi fólií

Rozlišujeme několik základních druhů linek na extruzi fólií. Pro většinu těchto výrobních zařízení je ale charakteristické, že sestávají s určitých standardních prvků. Mezi základní části linky na zpracování polymerů patří:

- Vytlačovací stroj
- Vytlačovací hlava
- Zařízení pro chlazení a kalibraci
- Zařízení zajišťující odtah a navíjení

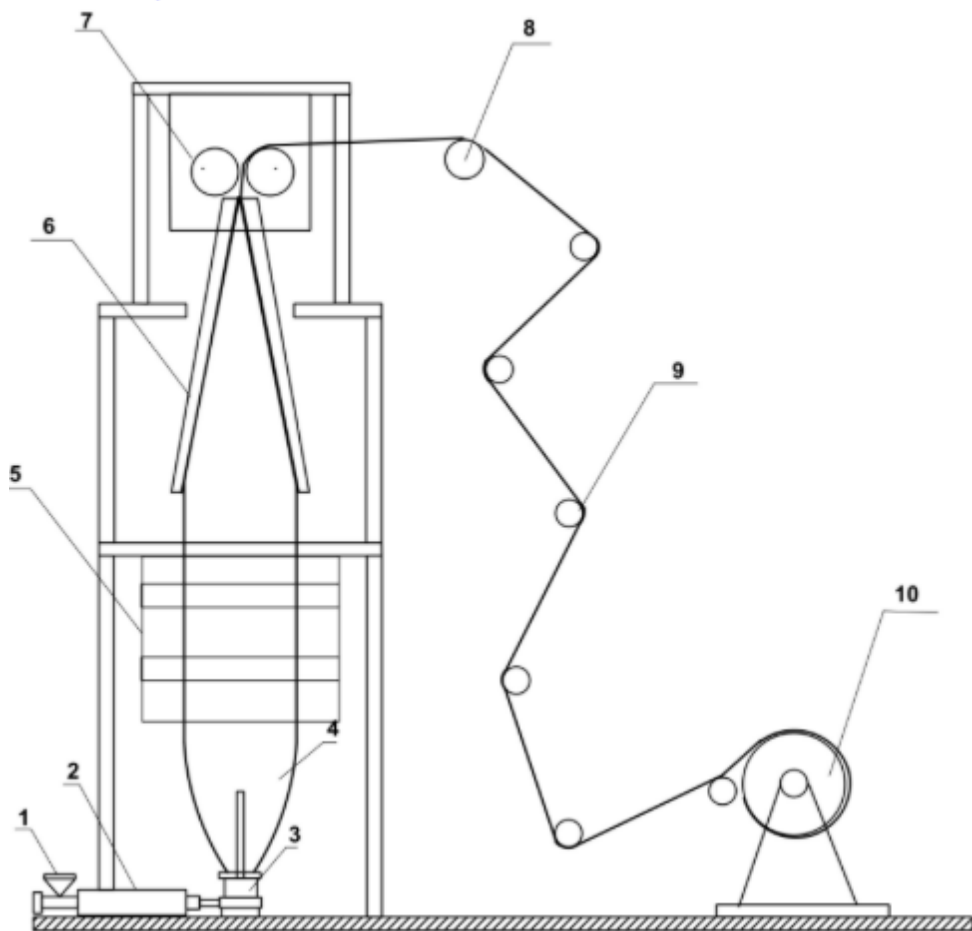
Extrudér nebo také vytlačovací stroj je hlavním prvkem celé linky. „*The purpose of the extruder is to feed a die with a homogeneous material at constant temperature and pressure.*“ [12] – Tedy hlavním úkolem extrudéru je produkovat homogenizovaný materiál za konstantní teploty a tlaku. Extrudér se skládá z dávkovacího zařízení, kterým je do stroje přiváděn materiál pro zpracování šneku, který provádí plastikaci materiálu a výstupního zařízení. „*Die Schnecke ist eines der wichtigsten Bauelemente der Schneckpresse. Von ihrer geometrischen Konstruktion, von ihrer Oberflächenbeschaffenheit und von ihrer Temperatur hängen in hohem Masse die Arbeitsproduktivität und die Güte der Erzeugnisse ab.*“ [13] Zpracování šneku může do velké míry ovlivnit produktivitu a kvalitu výrobku. Můžeme se také setkat i se stroji diskovými nebo pístovými. Vytlačovací stroj má tři charakteristické zóny: plnicí, plastikační a vytlačovací. Temperační zařízení zajišťuje ohřev a termočlánky, které monitorují teplotu. Nedílnou součástí je i vytlačovací hlava, která zajišťuje samotou extruzi, na ni navazuje chladicí zařízení a dále systém pro odvádění výrobku. Vytlačovací hlava je označována jako nástroj. Jednotlivé prvky linky na extruzi fólií jsou zřetelné na schématickém znázornění níže. Dle bližší specifikace požadavků na výrobu jsou následně navrhovány jednotlivé výrobní linky. Je důležité, aby všechny stroje byly kvalitně zpracovány, protože výsledná kvalita výrobku je ovlivněna všemi zařízeními,

kteřá se na výrobních krocích podílejí. Tato bakalářská práce se věnuje konkrétně části výrobní linky, která zajišťuje odtah extrudované fólie.



Obr. 7: Zařízení na extruzi fólií [2]

1 – plnicí oblast, 2 – plastikační oblast, 3 – vytlačovací oblast, 4 – dávkovač,
5 – válec, 6 – šnek, 7 – temperační systém, 8 – vytlačovací hlava



Obr. 8: Linka na extruzi fólií [14]

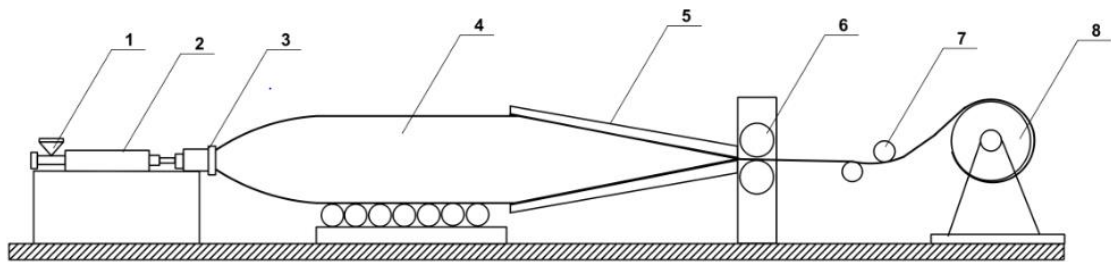
1 – dávkovací zařízení, 2 – šnekový extrudér, 3 – vytlačovací hlava s chladícím prstencem, 4 – tubus, 5 – kalibrační zařízení, 6 – skládací desky, 7 – odtah, 8 a 9 – převáděcí válečky, 10 – navijecí zařízení

Linka může být vystavěna v několika různých variantách, například podle typu zvoleného odtahu fólie. Konkrétně hovoříme o:

- Horním odtahu
- Dolním odtahu
- Horizontálním odtahu

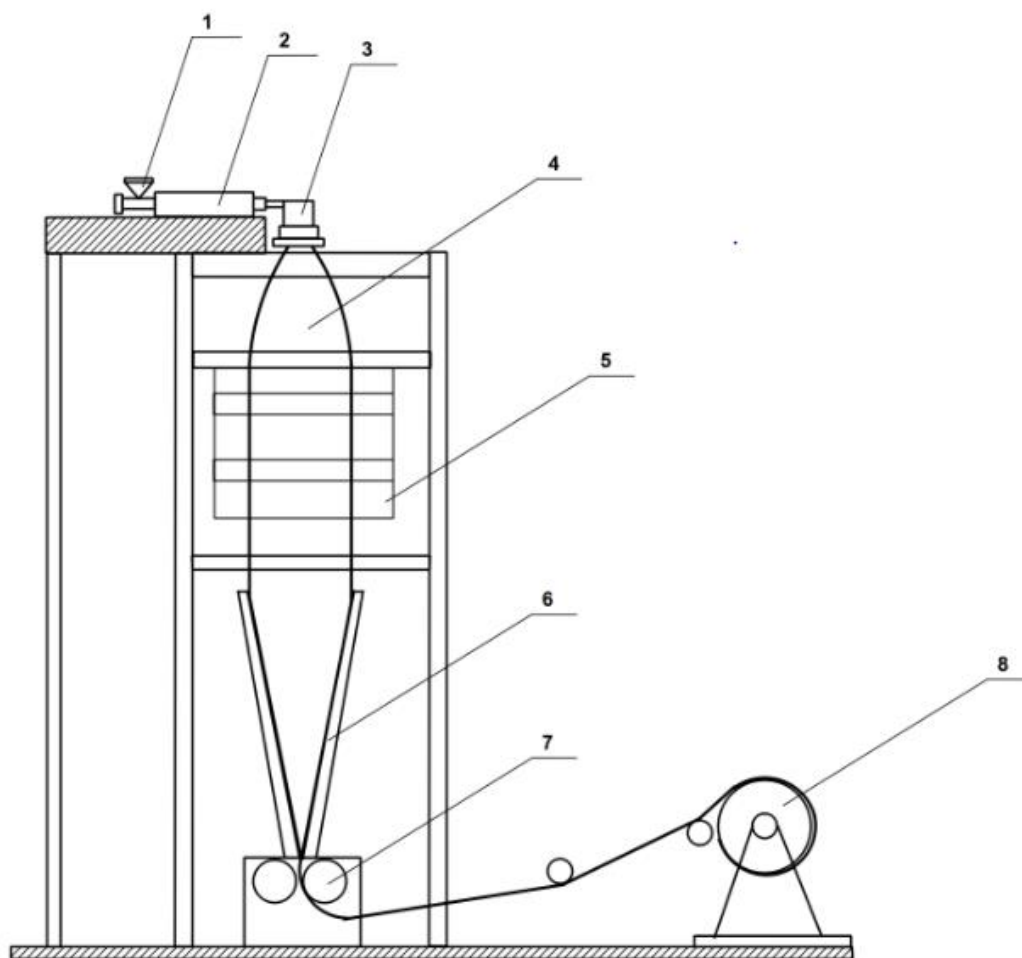
Oproti lince s horním odtahem není třeba pro dolní odtah navrhovat složitý systém chlazení a využíváme přirozeného proudění vzduchu. Horizontální odtah je využíván pro materiály sensitivní na teplotu. Vyznačuje se konstrukčně jednodušším extrudérem, ale komplikovanějším odtahem vzhledem k poloze výrobku.

Kvalita zpracování odtahového zařízení a jeho vhodná volba vzhledem k druhu výrobku nám zajistí dosažení požadované jakosti výsledného produktu a uspokojení hospodářsko-procesních požadavků na řízení výroby. Vhodně navržené řešení odtahu pro linku se nemalým dílem podílí na její správné funkci.



Obr. 9: Linka s horizontálním odtahem [14]

1 – dávkový zařízení, 2 – šnekový extrudér, 3 – vytlačovací hlava s chladícím prstencem, 4 – tubus, 5 – skládací desky, 6 – odtah, 8 a 9 – převáděcí válečky, 10 – navíjecí zařízení



Obr. 10: Linka s dolním odtahem [14]

1 – dávkovací zařízení, 2 – šnekový extrudér, 3 – vytlačovací hlava s chladícím prstencem, 4 – tubus, 5 – kalibrační zařízení, 6 – skládací desky, 7 – odtah, 8 – navíjecí zařízení

4 CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI

Teoretická část této bakalářské práce postihuje všechny důležité aspekty, které vstupují do projektu optimalizace montážního procesu. V první řadě se věnuje samotné montáži jako technologickému procesu, který popisuje a charakterizuje, následuje nastínění problematiky optimalizačních metod a zásad, které souvisí s navrhováním nových postupů. Poslední část se věnuje samotné technologii extruze a linkám na výrobu extrudované fólie, tak, aby se čtenář seznámil se zařízením, které je předmětem optimalizace.

V praktické části budou využity poznatky a metodiky zmíněné v teoretické části, které budou aplikované na optimalizaci konkrétního procesu montáže. Hlavním ukazatelem míry úspěchu bude úspora montážní plochy, která plyne ze zefektivnění samotného procesu, a technologičnost procesu nového.

Jako reprezentativní vzorek, na kterém chci demonstrovat výsledky projektu, jsem zvolila odtahovou jednotku s označením 2200, protože její četnost výskytu v montážních procesech, původním i novém, je vhodná pro provedení analýzy. Zástupci jednotlivých procesů jsou odtahy, které proběhly standardně, bez odchylek, které by ovlivnily naměřené hodnoty.

Cíle bakalářské práce jsou shrnuty v následujících bodech:

- 1) Analýza původního procesu montáže
- 2) Navržení a implementování optimalizačních řešení klíčových otázek
- 3) Analýza optimalizovaného procesu
- 4) Komparace původního a optimalizovaného procesu a jejich vyhodnocení

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 PROJEKT OPTIMALIZACE MONTÁŽE

Projekt optimalizace montáže odtahové jednotky byl koncipován v duchu DMAIC metody, která charakterizuje jednotlivé hlavní kroky, které byly v průběhu projektu realizovány. Náplň jednotlivých konkrétních sekvencí projektu je uvedena v tabulce níže.

Tab. 5: DMAIC optimalizace [Vlastní zpracování]

D	M	A	I	C
Zadání projektu	Náměry	Analýza	Zavádění do	Kontrola nastavení procesu
Projektový tým	Sběr dat	Testy	procesu	

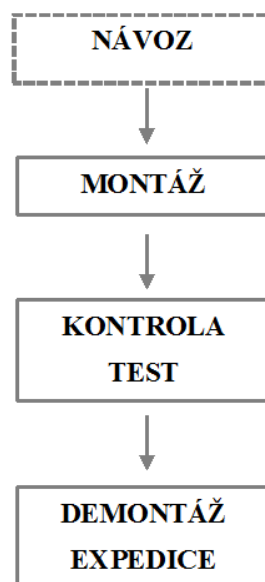
V prvotní fázi bylo vymezeno zadání projektu a jeho cíle. Hlavním cílem bylo snížit objem potřebné montážní plochy a času. Spolu se zahájením projektu byl určen projektový tým, který byl odpovědný za jeho realizaci. V dalším kroku proběhly náměry potřebných hodnot a sběr dalších dat. Součástí byl i workshop, vedený v duchu Kaizenu, který poskytl komplexnější pohled na problematiku a vyseletoval místa, která jsou považována za problematická.

Následovala už ryze praktická část, která obsahovala analýzu a počátek testování jednotlivých zlepšení a jejich analyzování v praxi. Poznatky, které se ukázaly jako správné, byly následně dopracovány a zaváděny již do standardního procesu. Finální a velmi důležitou fází projektu je fáze kontrolní. Kontrola monitoruje v pravidelných intervalech, zda optimalizovaný proces běží tak, aby vykazoval požadované hodnoty. Dále stále upravujeme a zlepšujeme jednotlivé oblasti, i když se již nejedná o zásadní změny.

6 ANALÝZA PŮVODNÍHO PROCESU MONTÁŽE

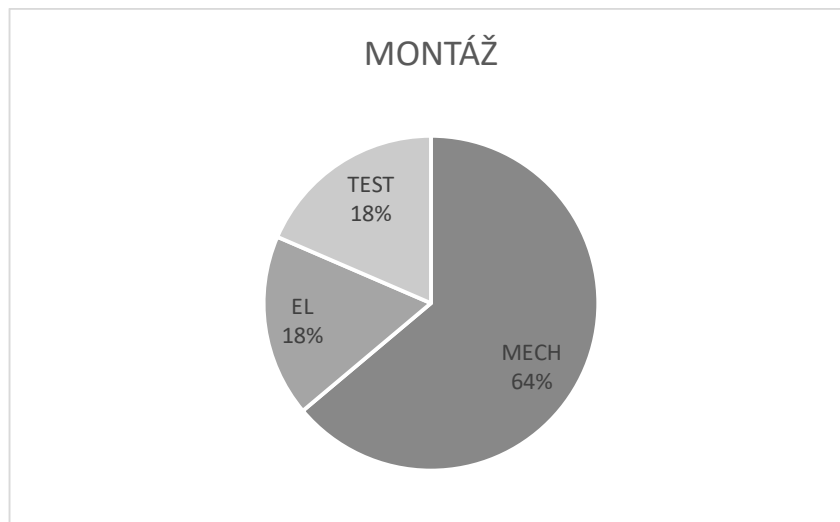
Pro původní proces montáže bylo charakteristické, že byl prováděn kompletně celý na jednom montážním pracovišti a zahrnoval veškeré montážní operace. Jednalo se tedy ve své podstatě o nejpomalejší možný způsob montáže, kdy hovoříme o neproudové montáži koncentrované na jedné ploše. Veškeré práce prováděli pracovníci montáže. To je významný bod, protože máme různě kvalifikované a zkušené pracovníky a na některé činnosti využíváme zbytečně rekvalifikované jedince, které můžeme efektivněji využívat v jiném úseku montáže. V podstatě neexistovala dělba práce. Činnosti si pouze rozdělil tým, který měl konkrétní zakázku zpracovat.

Dalším významným bodem bylo, že v podstatě neexistoval daný montážní postup, který by určoval sled montážních kroků a operací. Jednotlivé týmy stroj montovaly dle svého uvážení podle určitého logického postupu, který se ale u jednotlivých zakázek lišil. Kontrolu zajišťovala až finální kontrola při spuštění stroje, kdy se ověřovala jeho funkčnost. Stejně tak jako postup, nebyl organizovaný návoz materiálu. Celá zakázka se vyskladňovala přímo do daného montážního boxu a pouze nadrozměrné díly byly odvolávány ze skladu v průběhu montáže.



Obr. 11: Původní proces montáže [Vlastní zpracování]

Jednotlivé složky celého procesu a jejich procentuální zastoupení je znázorněno v dále uvá-
děném grafu. Na základě tohoto dělení jsou nastaveny i klíčové ukazatele, které jsou využity
pro vyhodnocení přínosů optimalizace.



Obr. 12.: Graf složky montáže [Vlastní zpracování]

6.1 Kapacity spotřebované původním procesem

Provedla jsem analýzu dat původního stavu, která poskytla informace o spotřebované montážní ploše. Pro tento krok jsem vytvořila detailní mapu výrobních hal, jejíž část dokumentující zónu montáže odtahových jednotek, je přiložená k bakalářské práci. V této mapě jsem přesně stanovila rozměry jednotlivých montážních boxů a stanovila celkovou plochu, která byla obsazena montáží odtahové jednotky.

Analyzovala jsem kapacitu zaměstnanců, kteří se aktivně podílejí na montáži daného modulu na základě interních informací, které zpracovávají mistři jako vedoucí jednotlivých montážních týmů.

Dalším měřitelným aspektem je doba, po kterou stroj setrvává v montáži. Tato data byla zpracována a získána na základě pozorování a analýzy dat, která jsou běžně zaznamenávána v průběhu a po skončení montáže. Další informace byly využity z interního systému a sloužily hlavně pro porovnání nasbíraných hodnot.

Tab. 6.: Shrnutí původní proces [Vlastní zpracování]

PŮVODNÍ PROCES	
Montážní plocha (m ²)	1.367
Počet zaměstnanců (na středisku)	40
Doba trvání montáže stroje (týdny)	7,6
Montážní hodiny	514

6.2 Časová studie původního procesu montáže

Na níže uvedeném schématu je znázorněn průběh výchozího montážního procesu. Původní proces montáže trval celých 5 týdnů, tedy 25 pracovních dnů za standardních podmínek. Původní proces sestával z pěti dílčích fází – samotné montáže celků, montáže opěrného rámu, instalace závaží, montáž plošin a samotná fáze testovací.

	Týden 1					Týden 2					Týden 3					Týden 4					Týden 5																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25												
1 Montáž																																					
2 Opěrný rám																																					
3 Závaží																																					
4 Plošiny																																					
5 Test a spuštění																																					

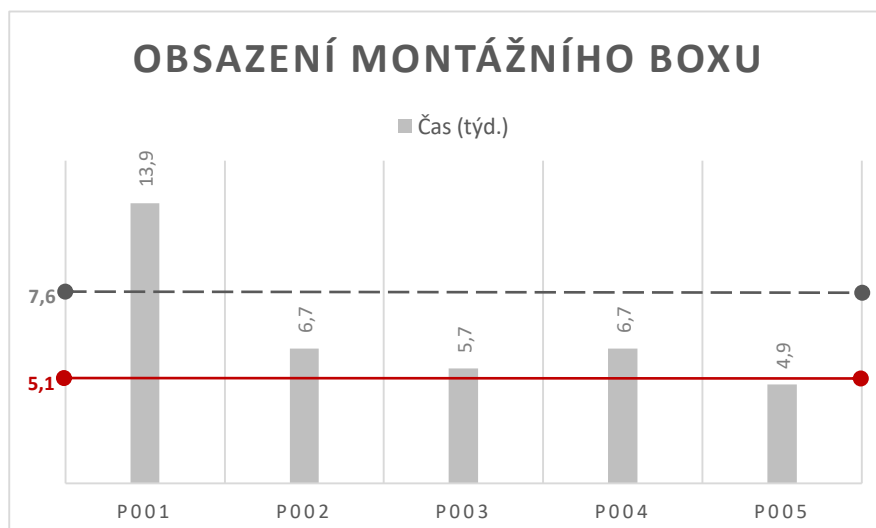
Obr. 13.: Studie původního procesu [Vlastní zpracování]

- **Doba obsazení plochy montážního boxu**

V souladu s požadavky na cíle projektu, kde hlavními měřítky je časová úspora a vytížení plochy, je sledována doba, po kterou je montážní box obsazen pro montáž jednoho modulu. Doba montáže na ploše je vyjádřena v týdnech.

Tab. 7.: Obsazení montážního boxu P-moduly [Vlastní zpracování]

Obsazení montážního boxu			
EQ	Norma (hod.)	Čas (týd.)	Δ
P001	5,1	13,9	174,0%
P002		6,7	31,4%
P003		5,7	11,8%
P004		6,7	31,4%
P005		4,9	-3,9%
Průměr		7,6	49%



Obr. 14.: Graf obsazení montážního boxu P-moduly

[Vlastní zpracování]

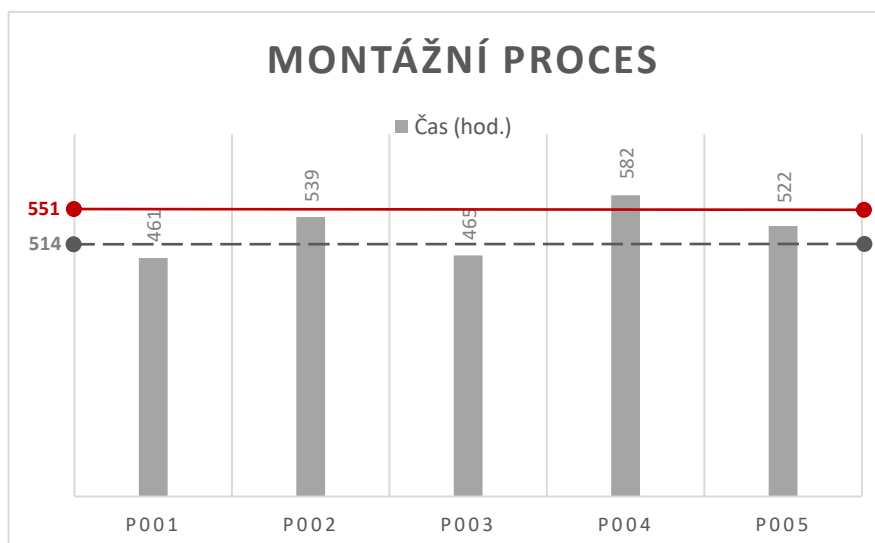
Dle standardu by měla být montážní plocha zablokována 5,1 týdně. Vybrané vzorky vykazovaly průměrnou hodnotu zvoleného ukazatele na úrovni 7,6 týdně. Odklonění od normy je tedy 49% v negativním smyslu.

- **Celkový montážní proces**

Další ukazatel představuje čas v hodinách, který byl na montáž modulu spotřebován. Tento parametr vyhodnocuji následně v několika dílčích oblastech.

Tab. 8.: Montážní proces P-moduly [Vlastní zpracování]

Montážní proces			
EQ	Norma (hod.)	Čas (hod.)	Δ
P001	551	461	-16,3%
P002		539	-2,2%
P003		465	-15,6%
P004		582	5,6%
P005		522	-5,3%
Průměr		514	-6,8%



Obr. 15.: Graf montážní proces P-moduly
[Vlastní zpracování]

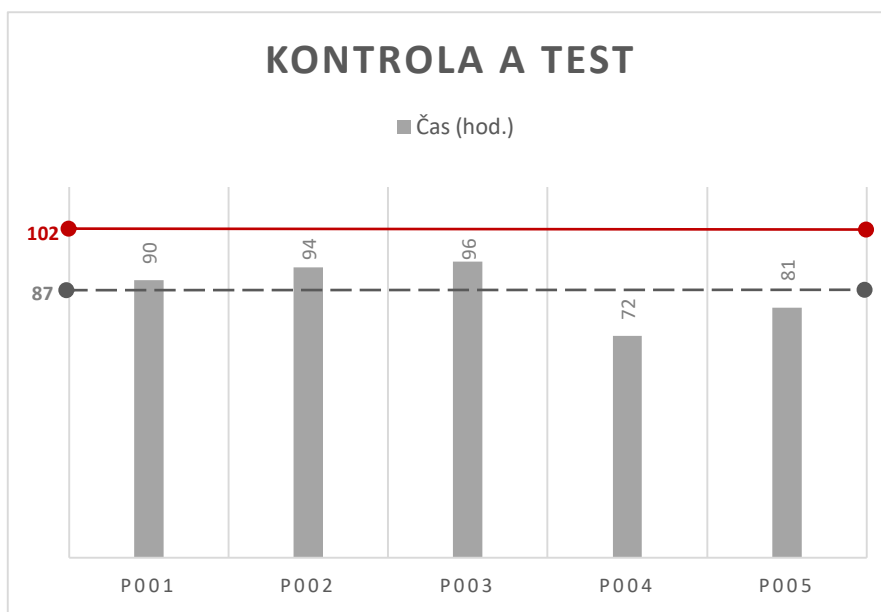
Montážní hodiny vykazují vyrovnaný charakter, který se projevuje průměrnou dobou montáže pod normou o téměř 7%, kde vztahujeme odpracované hodiny ke stanovenému standardu 551 hodin na modul.

- **Dílčí složky procesu montáže**

Dále jsem analyzovala jednotlivé složky montážního procesu, jejich časovou náročnost v hodinách a porovnávala jsem naměřené hodnoty se standardem pro danou fázi procesu.

Tab. 9.: *Kontrola a test P-moduly [Vlastní zpracování]*

Kontrola a test			
EQ	Norma (hod.)	Čas (hod.)	Δ
P001	102	90	-11,8%
P002		94	-7,8%
P003		96	-5,9%
P004		72	-29,4%
P005		81	-20,6%
Průměr		87	-15,1%



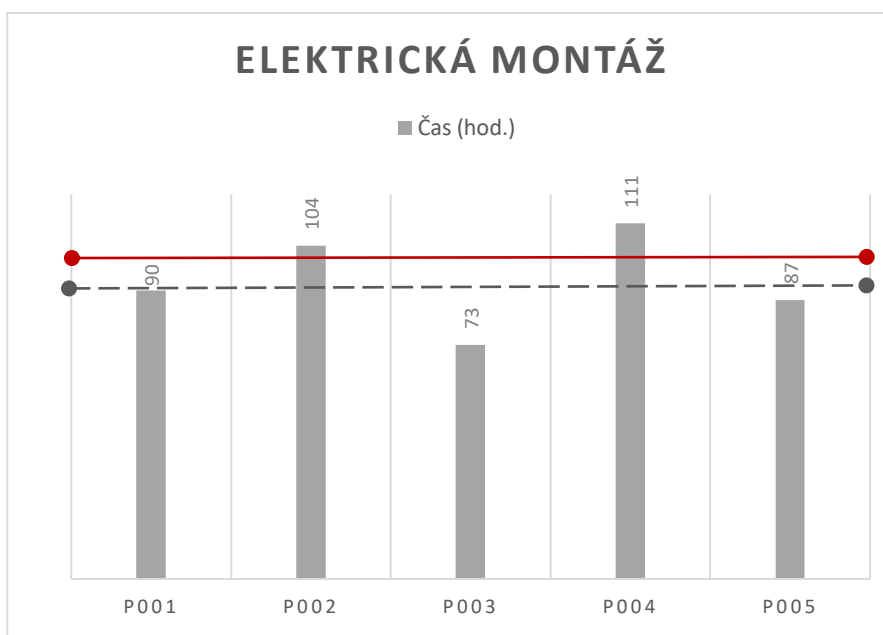
Obr. 16.: *Graf kontrola a test P-moduly [Vlastní zpracování]*

Fáze zahrnující kontrolu a test sestaveného modulu vykazovala uspokojivé hodnoty ve srovnání s předepsanými montážními časy. Hodnoty se pohybovaly 15% pod normovanou hladinou stanovených časů.

Další posuzovanou složkou je elektrická montáž. Dle níže uvedených hodnot vykazuje výsledky odpovídající požadavkům, ale již na limitní hranici. Průměrný rozdíl činí pouze 4 montážní hodiny.

Tab. 10.: Elektrická montáž P-moduly [Vlastní zpracování]

Elektrická montáž			
EQ	Norma (hod.)	Čas (hod.)	Δ
P001	97	90	-7,2%
P002		104	7,2%
P003		73	-24,7%
P004		111	14,4%
P005		87	-10,3%
Průměr		93	-4,1%

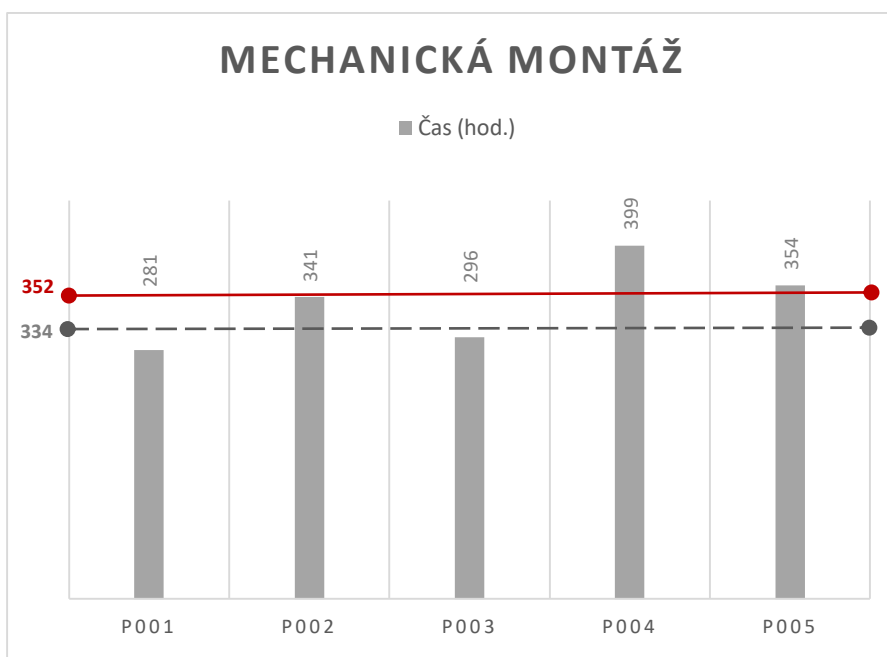


Obr. 17.: Graf elektrická montáž P-moduly [Vlastní zpracování]

Poslední analyzovanou složku představuje samotná mechanická montáž sestav stroje. V této fázi počítujeme největší potenciál pro úspory montážních hodin vzhledem k povaze práce. Mechanická montáž byla průměrně dokončována s 5% úsporou.

Tab. 11.: Mechanická montáž P-moduly [Vlastní zpracování]

Mechanická montáž			
EQ	Norma (hod.)	Čas (hod.)	Δ
P001	352	281	-20,2
P002		341	-3,1
P003		296	-15,9
P004		399	13,4
P005		354	0,6
Průměr		334,2	-5%



Obr. 18.: Graf mechanická montáž P-moduly [Vlastní zpracování]

Časová studie dílčích procesů vykazuje uspokojivé hodnoty, které z pohledu montážních časů plní stanovené normy. V souhrnu mají jednotlivé ukazatele tendenci přibližovat se k limitním hodnotám.

7 NÁVRH A IMPLEMENTACE OPTIMALIZAČNÍCH ŘEŠENÍ

Hlavním cílem projektu optimalizace procesu montáže odtahové jednotky, je snížit spotřebu montážní plochy a ušetřit hodiny, které spotřebovává montáž. Pro navyšování výroby potřebujeme rozšiřovat prostory, zajišťovat vybavení, logistiku, lidské kapacity a je výhodnější v prvé řadě maximalizovat efektivitu stávající činnosti, protože výše uvedená opatření jsou nákladná a často v současnosti problematicky realizovatelná.

7.1 Implementace jednotného montážního postupu

Jedním z prvních kroků realizovaných v rámci projektu bylo stanovení jednotného montážního postupu, který bude pro všechny pracovníky závazný. Montážní postup byl stanoven na základě monitorování montáže testovacích modulů. Stanovení kodifikovaného montážního postupu umožnilo navrhnout dílčí fáze montáže tak, aby na sebe navazovaly jak logicky, ergonomicky a hlavně technologicky. Není možné narušit optimalizačními opatřeními technologičnost montáže.

Montážní postup byl rozdělen do několika hlavních bloků. Primárně rozlišujeme mechanickou část montáže, která podléhá optimalizaci, a další procesy. Postup mechanické montáže se rozdělil na blok předmontáže, která probíhá na specializovaném pracovišti. Druhým blokem je finální montáž, která začíná paralelně s předmontáží, a následně je na pracovišti finální montáže stroj dokončen.

V návaznosti na stanovení závazného montážního postupu došlo k úpravě kusovníků a montážních podskupin. Byl proveden rozpad montážních skupin na podskupiny, které byly vyselektovány do předmontáže. Převážně se jednalo o malé montážní celky s vysokým podílem normalizovaných, kanbanových položek. Dále skupiny, které nejsou náročné na transport nebo seřízení po jejich kompletaci. Zbylé montážní skupiny, které nevyhovovaly výše uvedeným parametrům, byly zařazeny přímo do finální montáže.




7.2 Rozšíření technické dokumentace

Standardně bylo při montáži využíváno běžné technické dokumentace, která obsahovala výkresovou dokumentaci a kusovníky. Tyto dva zdroje informací byly doplněny o montážní návody. Pro názornou ilustraci řešení dané problematiky přikládám v práci konkrétní návodku jako přílohu na konci bakalářské teze. Montážní návody slouží k odstranění prostožů vznikajících při studiu komplikované technické dokumentace. Dále poskytují stručný popis montáže dané skupiny. Výhodou je, že pracovník může mít minimální technické vzdělání, ale přesto operace po zacvičení bezpečně zvládne.

Zpracovala jsem montážní návody podle požadavků, které nastavili mistři a úsek technologie. Základním požadavkem bylo postihnout nejdůležitější informace a montáž rozdělit do logických celků podložených instrukcemi a příslušnou fotodokumentací. Montážní návody obsahují i informaci o časové náročnosti jednotlivých montážních kroků.

Při testování podoby návodek bylo zjištěno, že původní varianta číselného označování návodek je nevyhovující. V reakci na tuto situaci jsem přepracovala montážní návody tak, aby plnily požadovanou funkci. Pro ilustraci vážu v práci jednu ilustrační návodku. Návodka obsahuje název modulu, blok montáže. Dále v ní najdeme informace o době trvání montáže dané skupiny. Nejdůležitějšími prvky je výstižný postup montážních kroků a fotodokumentace s popisy, která doplňuje a částečně nahrazuje nutnost používat výkresovou dokumentaci.

Tento prvek technické dokumentace je umístěn stabilně na konkrétním pracovišti předmontáže, tak, aby byl přístupný jakémukoliv pracovníkovi montáže, který zde bude pracovat i výjimečně. Byl zvolen statický stojan přímo na pracovním stole v úrovni očí, který je otočný, tak, aby návody nezabíraly montážní plochu a splňovaly zásady ergonomie. Montážní návody mají na pracovním stole pevně dané místo stejně jako příslušná výkresová dokumentace nebo doplňující tabulky (např. tabulka momentů).

MODUL		NÁVODKA		PRACOVISTĚ	
		NÁZEV			
01	NÁZEV MONTÁŽNÍ SKUPINY	Čas (hh:mm)	Foto:		
		xx:xx	Fotodokumentace		
Pořadí	Symbol				
1					
2	Popis jednotlivých				
3	kroků				
4	montáže				
5					
6					
 BOZP  ZRUČNOST  KVALITA		Vypracoval: P.Hámorová / Datum: xx.xx.2016 / Revize: / Verze dokumentu: 0 / Číslo návodky: 000.00xx			

Obr. 19: Šablona montážní návodky [Vlastní zpracování]

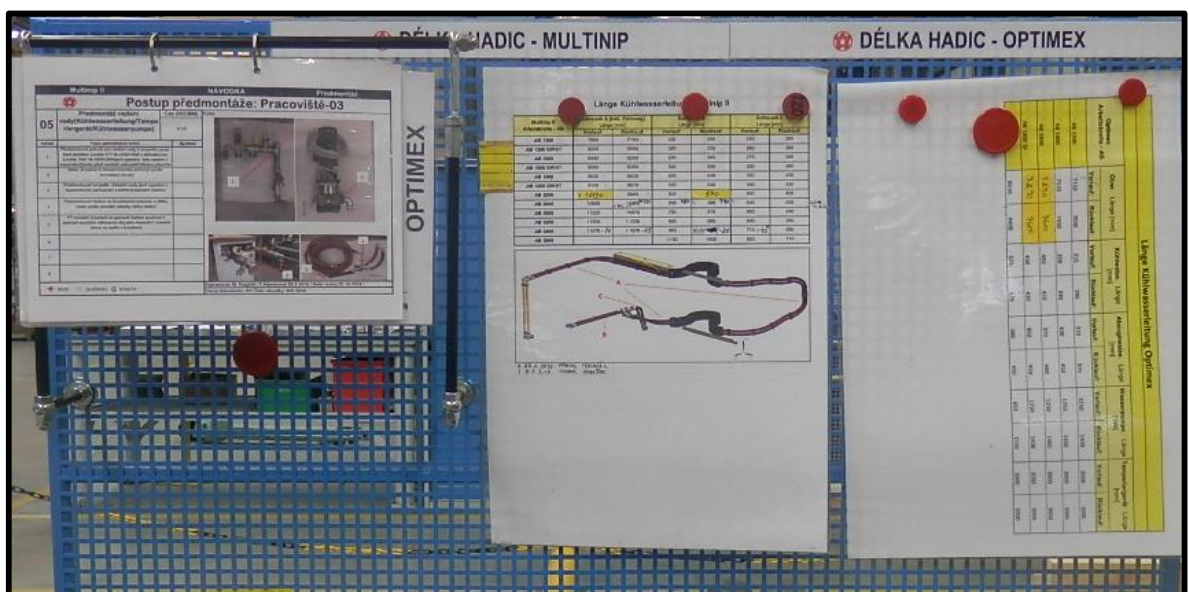
7.3 Vytvoření specializovaného pracoviště a změna layoutu

Nově nastavený proces montáže odtahové jednotky s sebou přinesl výraznou úsporu montážní plochy, která byla hlavním cílem. Montáž odtahových jednotek se podařilo centralizovat do jedné lodě, což značně zlepšilo obslužnost montážních boxů. Díky úspoře montážních ploch vzniknul jednotný sektor, který zahrnuje pracoviště předmontáže, pracoviště finální montáže a testovací věže. Pro všechny pracoviště je dostupný v bezprostřední blízkosti kanban, který je přizpůsoben přímo pro potřeby jednotlivých předmontážních pracovišť. Nema-lou součástí optimalizace kanbanu bylo určení vhodných položek, jejich zařazení a následně příprava podkladů pro realizaci kanbanových věží.

Passfeder 6 x 6 x 18 Nr. Mat. J0170	Passfeder A6 x 6 x 40 Nr. Mat. 114	Passfeder A8 x 7 x 25 Nr. Mat. J02014	Passfeder A5 8 x 7 x 28 M4 Nr. Mat. 114	Passfeder A5 8 x 7 x 63 M4 Nr. Mat. M06114	Passfeder 10 x 8 x 80 Nr. Mat. J0260
Passfeder AS 12 x 8 x 50 Nr. Mat. 113	Passfeder AS 14 x 9 x 56 Nr. Mat. 101114	Passfeder AS 14 x 9 x 63 Nr. Mat. 10110114	PUFFER	G. Stift M4 x 6 Nr. Mat. 114 VARIO D0230	G. Stift M5 x 6 Nr. Mat.
G. Stift M5 x 10 Nr. Mat. 113	G. Stift M6 x 6 Nr. Mat. 101114	G. Stift M6 x 8 Nr. Mat. 10120114	G. Stift M8 x 30 Nr. Mat.	G. Stift M12 x 25 Nr. Mat. 113 MULTI I0340	G. Stift M12 x 50 Nr. Mat. 14 M0
Gewindestift M10 x 16 Nr. Mat.	Schaftschraube M6 x 12 Nr. Mat.	PUFFER	Kegelstift 6 x 50 Nr. Mat.	Zylinderstift 8m 6 x 50 Nr. Mat. M - 110	Zylinderstift ø16 x 30 Nr. Mat.

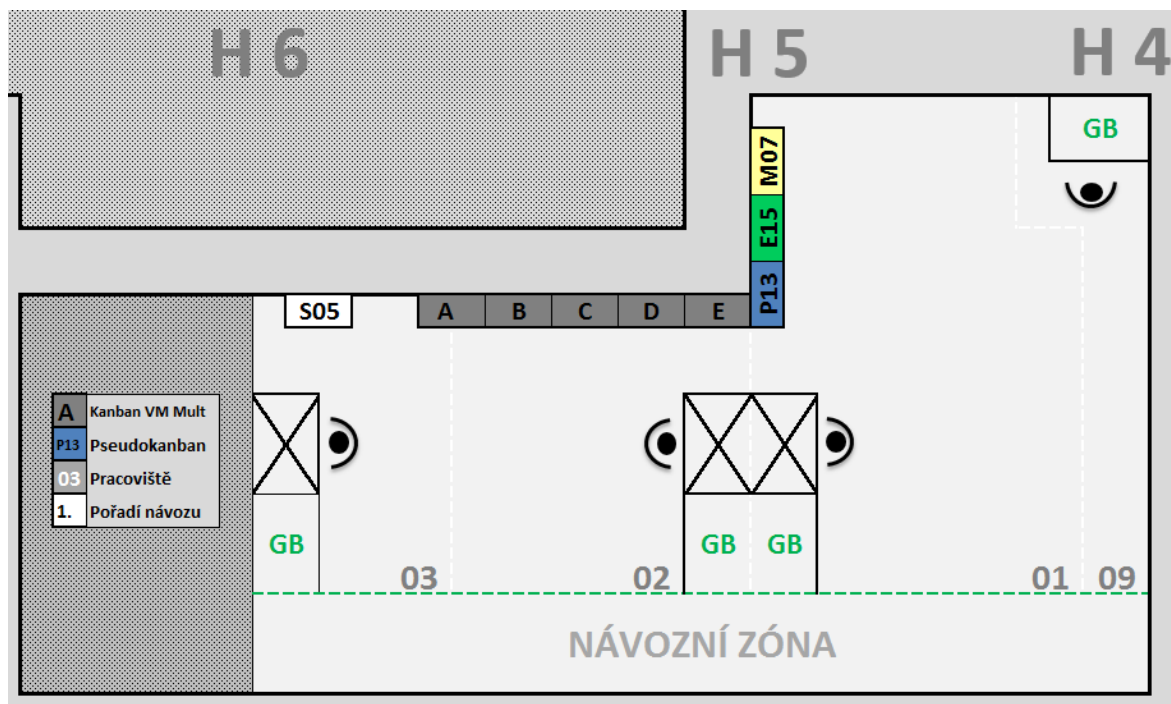
Obr. 20.: Podklady pro realizaci kanbanu [Vlastní zpracování]

Na základě požadavků bylo vymezeno speciální pracoviště pro předmontáž jednotlivých menších montážních skupin. Pro toto pracoviště byl využit montážní box, který má nestandardní půdorys. Pracoviště bylo rozděleno do čtyř sektorů označeným číslem, tak, aby se usnadnil návoz materiálu. Pro potřeby logistiky byl půdorys doplněn o konkrétní fotografie a číselné kódy s umístěním a dnem návozu.



Obr. 21.: Realizace standardu na pracovišti [Interní archiv W&H Prostějov]

Jednotlivá pracoviště jsou přizpůsobená svým vybavením a výstavbou tak, aby korespondovala s charakterem prací, které jsou v daném sektoru prováděny. Pracovník má u pracovního stolu k dispozici na standardních místech dokumentaci, návody, doplňující podklady a pracovní pomůcky vyžadované daným krokem procesu.



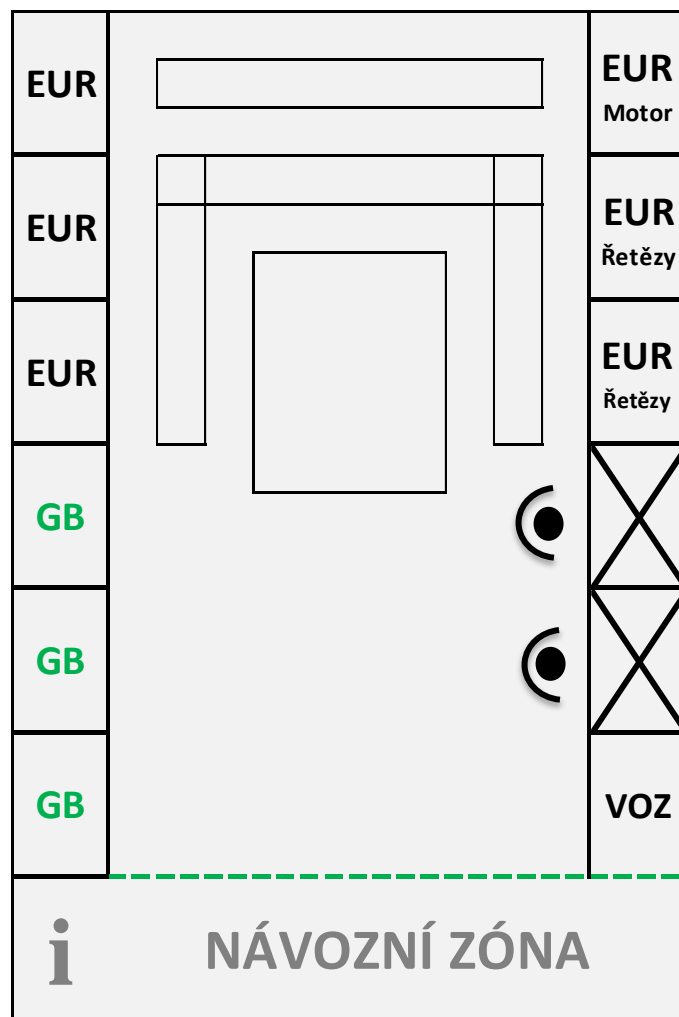
Obr. 22: Layout pracoviště předmontáže [Vlastní zpracování]

Systematika značení dílčích pracovišť odpovídajících layoutu pracoviště předmontáže je uvedena v tabulce níže.

Tab. 12: Rozdělení předmontážních pracovišť [Vlastní zpracování]

Označení pracoviště	Název pracoviště
09	Předmontáž - elektro
01	Předmontáž – centrální rám
02	Předmontáž – převodkový most
03	Předmontáž – vedení vody

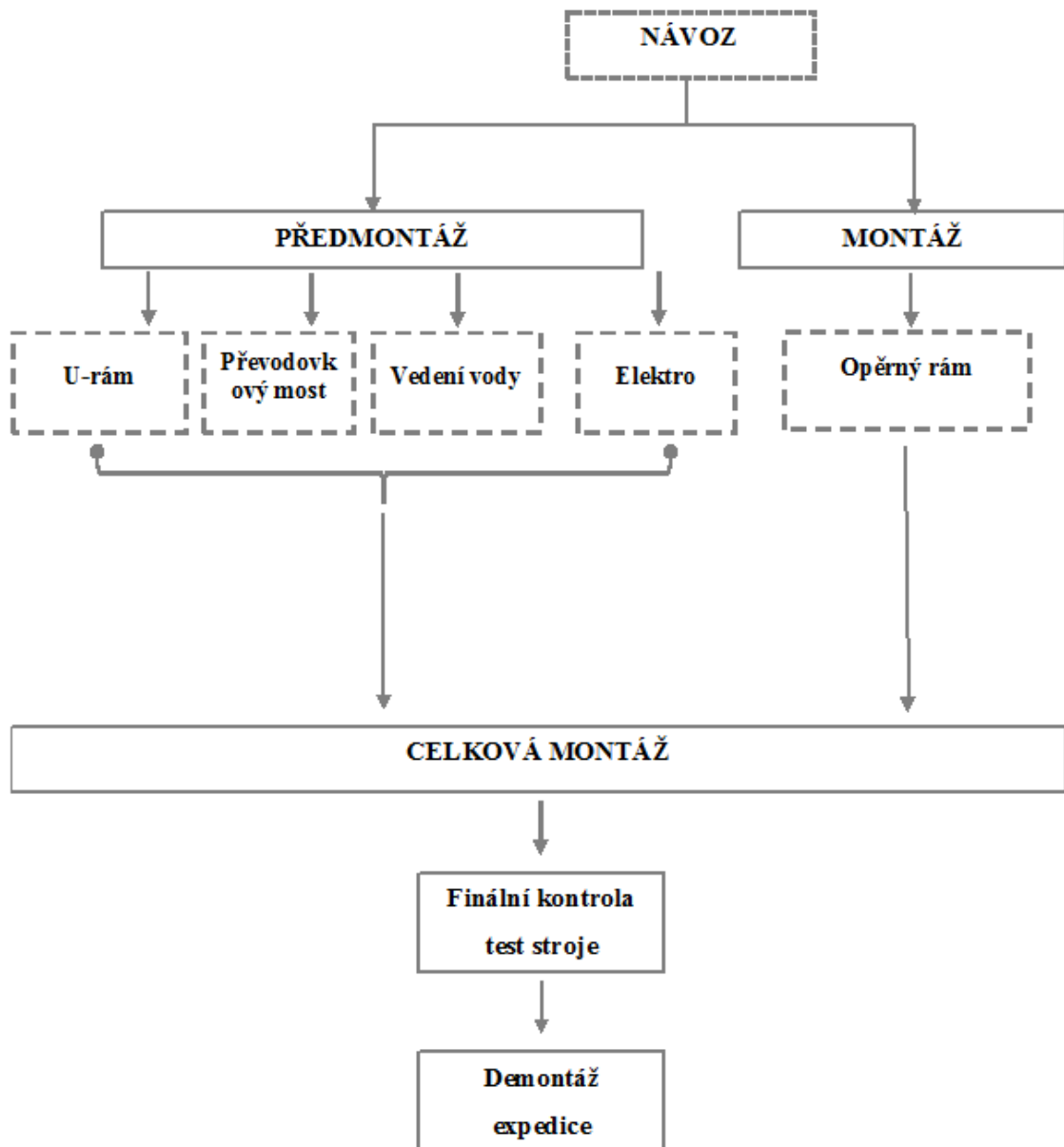
Spolu se standardizací pracoviště předmontáže byl v dalším kroku zpracován návrh pracoviště, ve kterém probíhá paralelní montáž rámu stroje. Pracoviště finální montáže je pohyblivé, ale cílem projektu bylo ho nastavit tak, aby bylo dle možností vždy vystaveno stejně a zabíralo stejnou montážní plochu s ohledem na pracovní šířku stroje. Výstupem z celkové analýzy pracovišť jsou nejenom standardní layout stanoviště předmontáže a konečné montáže, ale i celkový layout výrobní haly, který je vázán v práci jako příloha a dokumentuje názorně vývoj optimalizované zóny před a po realizaci projektu.



Obr. 23: Layout pracoviště konečné montáže

[Vlastní zpracování]

8 ANALÝZA OPTIMALIZOVANÉHO PROCESU MONTÁŽE



Obr. 24: Optimalizovaný proces montáže [Vlastní zpracování]

8.1 Kapacity spotřebované optimalizovaným procesem

Na základě dílčích měření se podařilo získat hodnoty, které vypovídají o stavu kapacit, které spotřebovává optimalizovaný montážní proces.

Tab. 13.: Shrnutí optimalizovaný proces [Vlastní zpracování]

Optimalizovaný proces	
Montážní plocha (m ²)	862
Počet zaměstnanců (středisko)	30
Doba trvání montáže stroje (týdny)	3,6
Montážní hodiny	410

8.2 Časová studie modulů optimalizovaného montážního procesu

Změna původního procesu přinesla významné úspory, které jsou patrné již v případě, že hodnotíme dobu montáže modulu z pohledu kalendářních týdnů. Jak je patrné ze schématu, níže významnou roli hraje změna postupu a provádění části operací v paralelním módu i přesto, že vzniká více kroků.

	Týden 1					Týden 2					Týden 3				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Převodkový most	■	■													
Předmontáž U-rámu	■	■	■												
Předmontáž vedení vody			■												
Předmontáž obracecí tyče			■												
Finální montáž				■	■	■	■	■							
Opěrný rám	■	■	■												
Závaží							■								
Plošiny								■							
Test a spuštění									■	■	■	■	■		

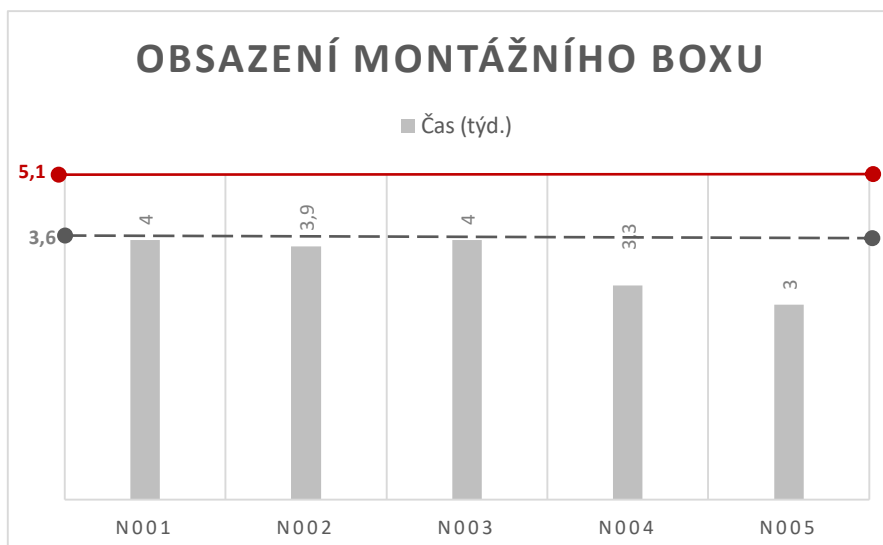
Obr. 25.: Studie optimalizovaný proces [Vlastní zpracování]

- **Doba obsazení plochy montážního boxu**

Pro moduly optimalizovaného procesu montáže byla provedena analýza setrvání stroje na montážní ploše. Výsledky tohoto klíčového ukazatele jsou uváděny níže v tabulce hodnot a grafickém znázornění.

Tab. 14.: Obsazení montážního boxu N-moduly [Vlastní zpracování]

Obsazení montážního boxu			
EQ	Norma (hod.)	Čas (týd.)	Δ
N001	5,1	4	-21,6%
N002		3,9	-23,5%
N003		4	-21,6%
N004		3,3	-35,3%
N005		3	-41,2%
Průměr		3,6	-29%



Obr. 26.: Graf obsazení montážního boxu N-moduly
[Vlastní zpracování]

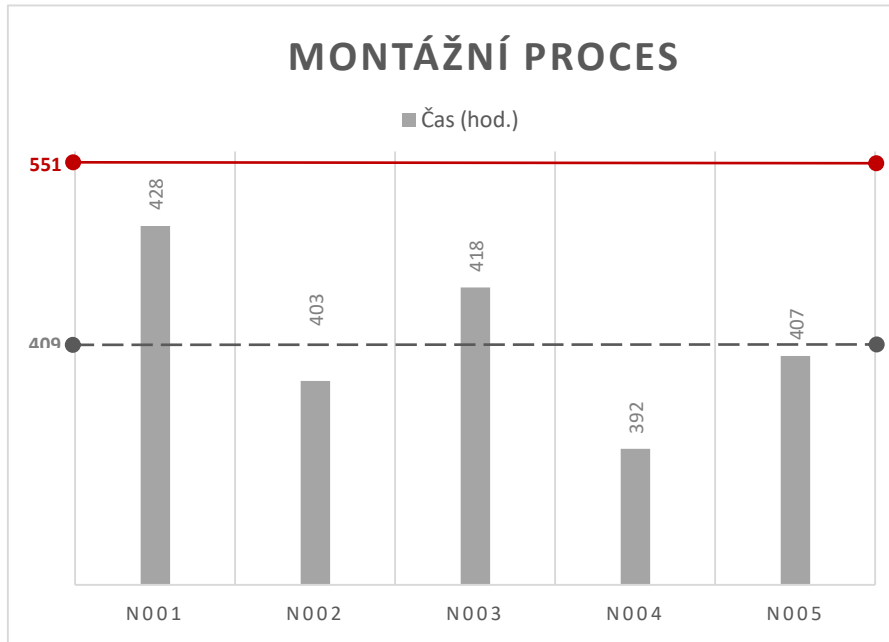
Dosažené hodnoty vztahované k normě vykazují velice uspokojivé výsledky. Příznivým jevem je i to, že jednotlivé moduly dosahují vyrovnaných výsledků a nenastávají extrémní případy příliš krátkých nebo dlouhých intervalů.

- **Celkový montážní proces**

Dále je předložena analýza hodin, které jsou třeba na pokrytí montážního procesu. Z dat níže uváděných je patrné, že výsledky jsou příznivé, hodnoty vyrovnané a žádný sledovaný vzorek nevykazuje negativní odchýlení od standardu nebo průměru.

Tab. 15.: Montážní proces N-moduly [Vlastní zpracování]

Montážní proces			
EQ	Norma (hod.)	Čas (hod.)	Δ
N001	551	428	-22,3%
N002		403	-26,9%
N003		418	-24,1%
N004		392	-28,9%
N005		407	-26,1%
Průměr		409,6	-25,7%



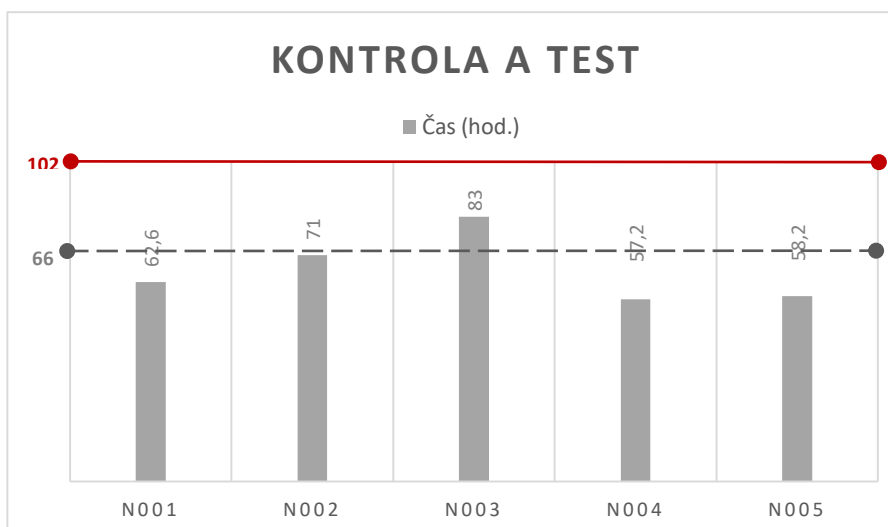
Obr. 27.: Graf montážní proces N-moduly
[Vlastní zpracování]

- **Dílčí složky procesu montáže**

Následující část předkládá výsledky analýzy procesu provedené pro jednotlivé dílčí složky montáže. Montáž je i v tomto případě rozdělena do třech základních celků, a to fáze kontrolní, elektrické a mechanické.

Tab. 16.: *Kontrola a test N-moduly [Vlastní zpracování]*

Kontrola a test			
EQ	Norma (hod.)	Čas (hod.)	Δ
N001	102	62,6	-38,6%
N002		71	-30,4%
N003		83	-18,6%
N004		57,2	-43,9%
N005		58,2	-42,9%
Průměr		66,4	-34,9%



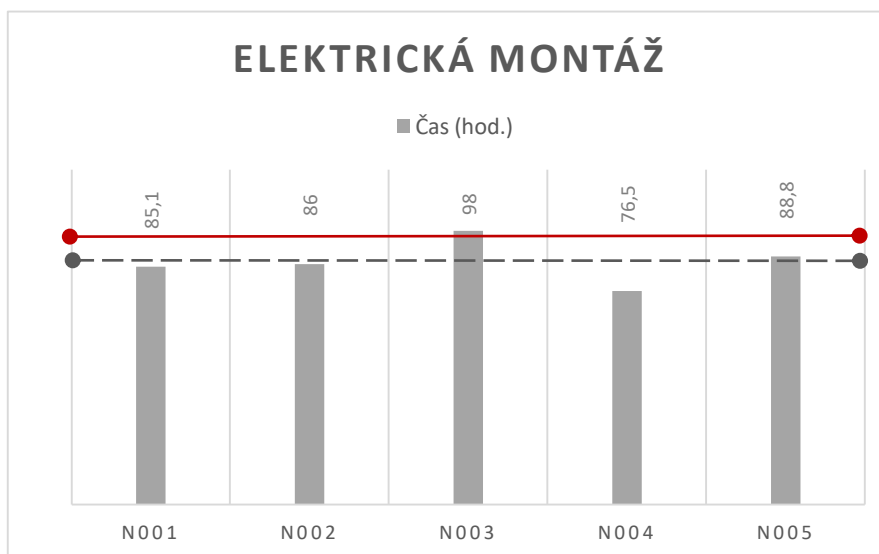
Obr. 28.: *Graf kontrola a test N-moduly [Vlastní zpracování]*

Po vyhodnocení výše uvedené kontrolní fáze je jistý závěr, že získané výsledky jsou opět uspokojivé.

V dalším kroku jsou zpracovány výsledky elektrické montáže. Celkově se tato část procesu pohybuje také v požadovaných hodnotách a průměrně 10% pod vyžadovanou normou - viz. doprovodná tabulka a graf.

Tab. 17.: Elektrická montáž N-moduly [Vlastní zpracování]

Elektrická montáž			
EQ	Norma (hod.)	Čas (hod.)	Δ
N001	97	85,1	-12,3%
N002		86	-11,3%
N003		98	1%
N004		76,5	-21,1%
N005		88,8	-8,4%
Průměr		86,9	-10,4%

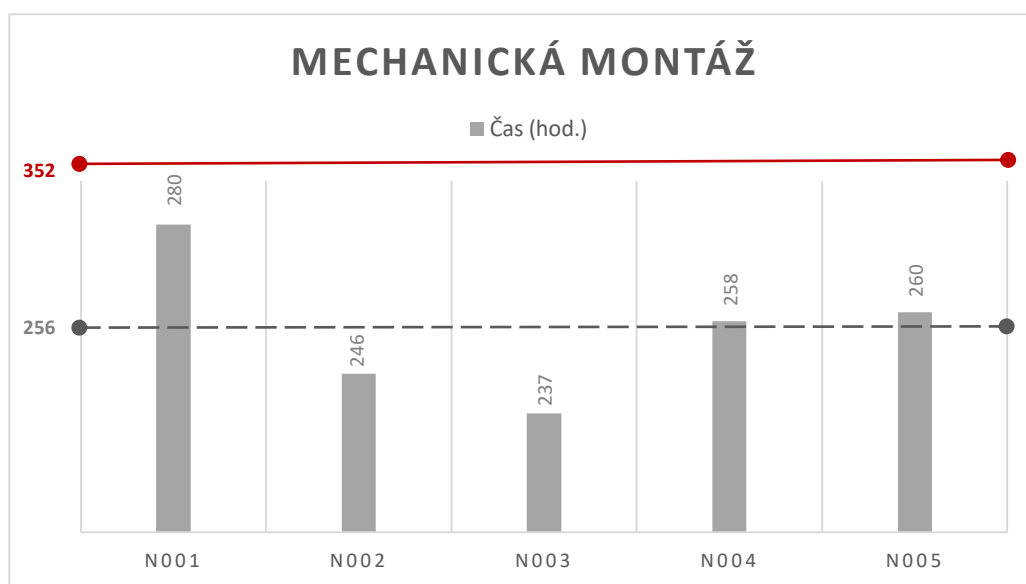


Obr. 29.: Elektrická montáž N-moduly [Vlastní zpracování]

Posledním vyhodnocovaným aspektem procesu je samotná mechanická montáž, na kterou se vztahovala většina optimalizačních kroků. Tabulka hodnot je doplněna o grafické vyhodnocení optimalizovaných modulů.

Tab. 18.: Mechanická montáž N-moduly [Vlastní zpracování]

Mechanická montáž			
EQ	Norma (hod.)	Čas (hod.)	Δ
N001	352	280	-20,5%
N002		246	-30,1%
N003		237	-32,7%
N004		258	-26,7%
N005		260	-26,1%
Průměr		256,2	-27,3%



Obr. 30.: Graf mechanická montáž N-moduly
[Vlastní zpracování]

I tato část procesu vykazuje velmi dobré výsledky vzhledem k tomu, že spotřebovaný pracovní čas je o 27% snížen oproti normo-hodinám.

9 KOMPARACE PŮVODNÍHO A OPTIMALIZOVANÉHO PROCESU

Na základě dat získaných z historie montáže daného modulu, analýzy původního montážního procesu a dat týkajících se procesu nového, tedy optimalizovaného, je možné provést v této fázi vzájemné porovnání obou procesů. Díky této možnosti lze názorně vyčíslit, jaký efekt přinesla daná implementovaná řešení, která je vhodné nadále uvádět do standardu.

Tab. 19.: Komparace procesů [Vlastní zpracování]

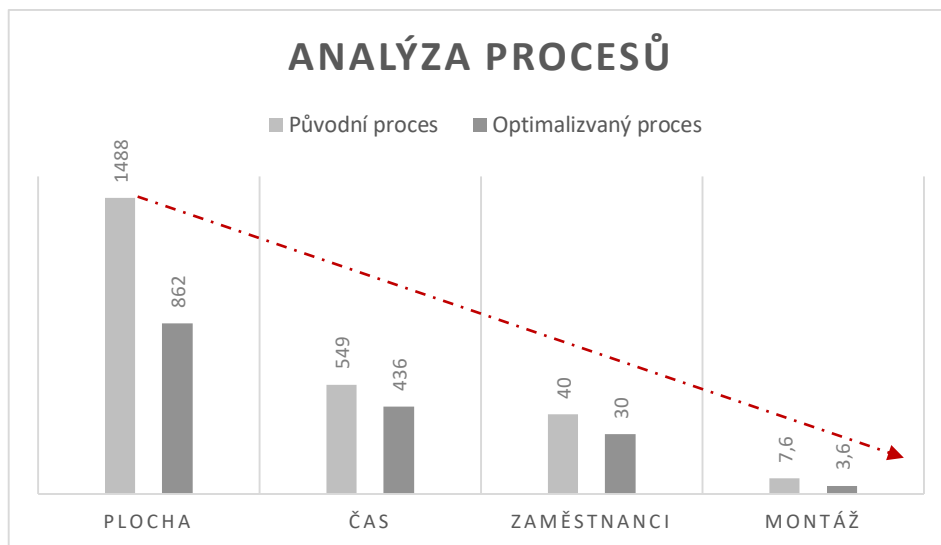
	Původní	Optimalizovaný	Efektivita
Montážní plocha¹	1488	862	36%
Počet zaměstnanců²	40	30	25%
Doba trvání montáže³	7,6	3,6	53%
Montážní hodiny⁴	514	410	20%

¹ Data pro celé montážní středisko odtahových jednotek (celková rozloha zóny).

² Data pro celé montážní středisko odtahových jednotek (celkový počet zaměstnanců).

³ Data uváděná pro reprezentativní vzorek sledovaný v této práci.

⁴ Data uváděná pro reprezentativní vzorek sledovaný v této práci.



Obr. 31.: Graf analýza procesů [Vlastní zpracování]

Z předcházejících dat je patrné, že projekt optimalizace montážního procesu byl úspěšný a přinesl výrazné úspory. Díky implementaci nových postupů se podařilo výrazně zmenšit objem potřebné montážní plochy a snížit požadavky na naplnění kapacity zaměstnanců, což je při dnešním stavu trhu práce ve strojírenském odvětví významný faktor. Optimalizace také přinesla snížení počtu pracovních hodin a v poslední řadě zásadní snížení setrvání rozpracovaného stroje na montážní ploše, kde u vybraných vzorků hovoříme o úspoře přesahující 50%, hovoříme tedy o vynikajícím výsledku.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo zanalyzovat původní výrobní proces a nalézt možnosti jeho optimalizace, tak, aby se stal efektivnějším při využití původních prostředků. Optimalizace byla provedena na základě moderních manažerských přístupů, spadajících především do principů Lean Production, a optimalizace technologických náležitostí výroby. Na základě navržených a implementovaných optimalizačních změn následně zanalyzovat a porovnat změny, které s sebou projekt přinesl, a vyhodnotit, zda bylo dosaženo očekávaných pozitivních výsledků.

Věřím, že se podařilo naplnit všechny cíle této bakalářské práce. Byly provedené časové studie původního procesu. V rámci projektu byla navržena řada změn a vylepšení, které se následně podařilo převést do praxe. Vyhodnocení výsledků bylo provedeno na základě časové analýzy optimalizovaného procesu a jejím výsledkem je kladné hodnocení celého projektu, který přinesl očekávané úspory, a to především montážní plochy a montážních časů.

Byla bych velmi ráda, kdyby tato práce posloužila jako inspirace pro další i menší podniky, protože je z ní zřejmé, že není nutné brát procesní nástroje jako dogma, ale je možné jednotlivé metodiky přizpůsobit situaci, kterou je třeba řešit. Práce je také ukázkou toho, že pokud dojde ke shodě z pohledu ekonomického a technického, je možné dosáhnout poměrně významných úspěchů i po malých krůčcích.

Doufám, že v budoucnu budu moci nadále rozvíjet problematiku, kterou jsem se začala zabývat právě v této tezi, tak, aby moje práce v budoucnu tvořily ucelený komplex využitelný ve strojírenské praxi.

10 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] K. Mičkal a P. Kolář, Strojní montáže: učebnice pro studijní obor 02-11-4 strojírenství se zaměřením pro zpracování kovů a montáž strojů a zařízení, Státní nakladatelství technické literatury, 1987.
- [2] J. Dillinger, Moderní strojírenství pro školu i praxi, Europa-Sobotáles, 2007.
- [3] K. Dušák, Technologie montáže, Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005.
- [4] M. Keřkovský a O. Valsa, Moderní přístupy k řízení výroby, Praha: C.H.Beck, 2001.
- [5] A. Svozilová, Zlepšování podnikových procesů, Praha: Grada, 2011.
- [6] F. Chromjaková a R. Rajnoha, Řízení a organizace výrobních procesů, Kompendium průmyslového inženýra, Žilina: GEORG, 2011.
- [7] M. L. George, Kapesní příručka Lean Six Sigma: rychlý průvodce téměř 100 nástroji na zlepšování kvality procesů, rychlosti a komplexity, Brno: SC&C Partner, 2010.
- [8] M. Raab a Ľ. Lapčík, Nauka o materiálech II, Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2004.
- [9] U. Fischer, Základy strojnictví, Verlag Europa-Lehmittel GmbH&Co.KG, 2004.
- [10] M. Mañas a J. Vlček, Aplikovaná reologie, Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2001.
- [11] Z. Tadmor a I. Klein, Engineering Principles of Plasticating Extrusion, New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1970.
- [12] K. Cantor, Blown Film Extrusion, Cincinnati: Hanser Gardner Publications: Hanser Publisher, 2006.
- [13] G. Baumgarten a Kol., Maschinen und Apparate in der Gummiindustrie, Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1970.
- [14] M. Mañas, Výrobní stroje a zařízení. Gumárenské a plastikářské stroje II, Brno: Vysoké učení technické, 1990.

- [15] L. Ptáček a kolektiv, Nauka o materiálu II, Akademické nakladatelství CERM,s.r.o., 2002, pp. 80-7204-248-3.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Δ Delta (odchylka)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Schéma procesu montáže.....	11
Obr. 2: Rozdělení druhů montáže	13
Obr. 3: Kruhová plynulá montáž.....	14
Obr. 4: Pásová plynulá montáž	14
Obr. 5: Kaizen.....	18
Obr. 6: DMAIC schéma.....	19
Obr. 7: Zařízení na extruzi fólií	28
Obr. 8: Linka na extruzi fólií	29
Obr. 9: Linka s horizontálním odtahem.....	30
Obr. 10: Linka s dolním odtahem	31
Obr. 11: Původní proces montáže	35
Obr. 12.: Graf složky montáže	36
Obr. 13.: Studie původního procesu.....	37
Obr. 14.: Graf obsazení montážního boxu P-moduly.....	38
Obr. 15.: Graf montážní proces P-moduly.....	39
Obr. 16.: Graf kontrola a test P-moduly	40
Obr. 17.: Graf elektrická montáž P-moduly	41
Obr. 18.: Graf mechanická montáž P-moduly	42
Obr. 19: Šablona montážní návodky	45
Obr. 20: Layout pracoviště předmontáže	47
Obr. 21: Layout pracoviště konečné montáže	48
Obr. 22: Optimalizovaný proces montáže	49
Obr. 23.: Studie optimalizovaný proces	50
Obr. 24.: Graf obsazení montážního boxu N-moduly	51
Obr. 25.: Graf montážní proces N-moduly	52
Obr. 26.: Graf kontrola a test N-moduly	53
Obr. 27.: Elektrická montáž N-moduly	54
Obr. 28.: Graf mechanická montáž N-moduly.....	55
Obr. 29.: Graf analýza procesů	57

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: SMART analýza cíle	20
Tab. 2: Rozdělení a použití plastů.....	23
Tab. 3: Vlastnosti Polyethylenu	24
Tab. 4: Modifikace polyethylenu	25
Tab. 5: DMAIC optimalizace	34
Tab. 6.: Shrnutí původní proces	37
Tab. 7.: Obsazení montážního boxu P-moduly.....	38
Tab. 8.: Montážní proces P-moduly	39
Tab. 9.: Kontrola a test P-moduly	40
Tab. 10.: Elektrická montáž P-moduly.....	41
Tab. 11.: Mechanická montáž P-moduly.....	42
Tab. 12: Rozdělení předmontážních pracovišť	47
Tab. 13.: Shrnutí optimalizovaný proces.....	50
Tab. 14.: Obsazení montážního boxu N-moduly	51
Tab. 15.: Montážní proces N-moduly	52
Tab. 16.: Kontrola a test N-moduly.....	53
Tab. 17.: Elektrická montáž N-moduly	54
Tab. 18.: Mechanická montáž N-moduly	55
Tab. 19.: Komparace procesů	56

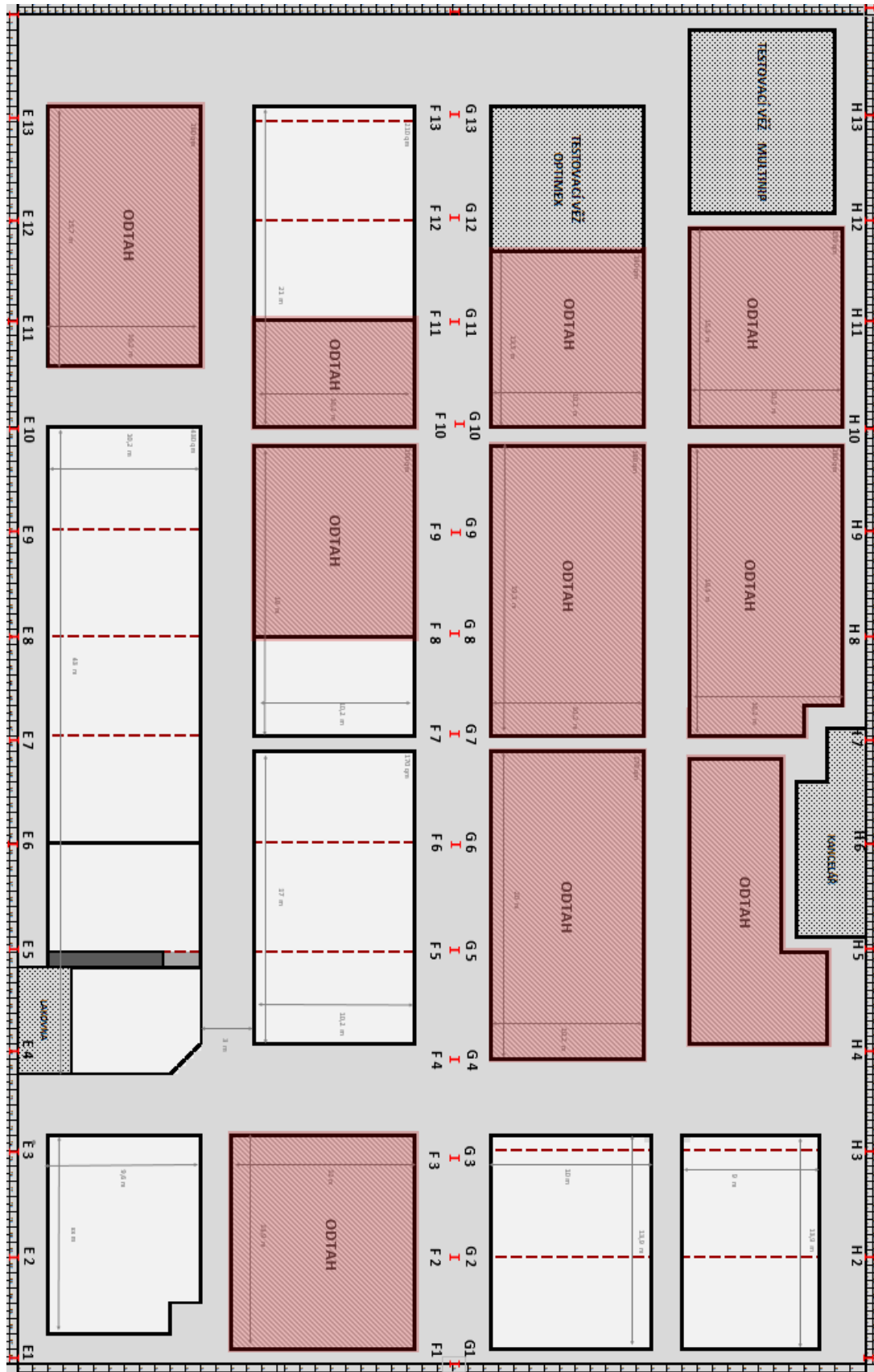
SEZNAM PŘÍLOH

P1: Layout původní zóny

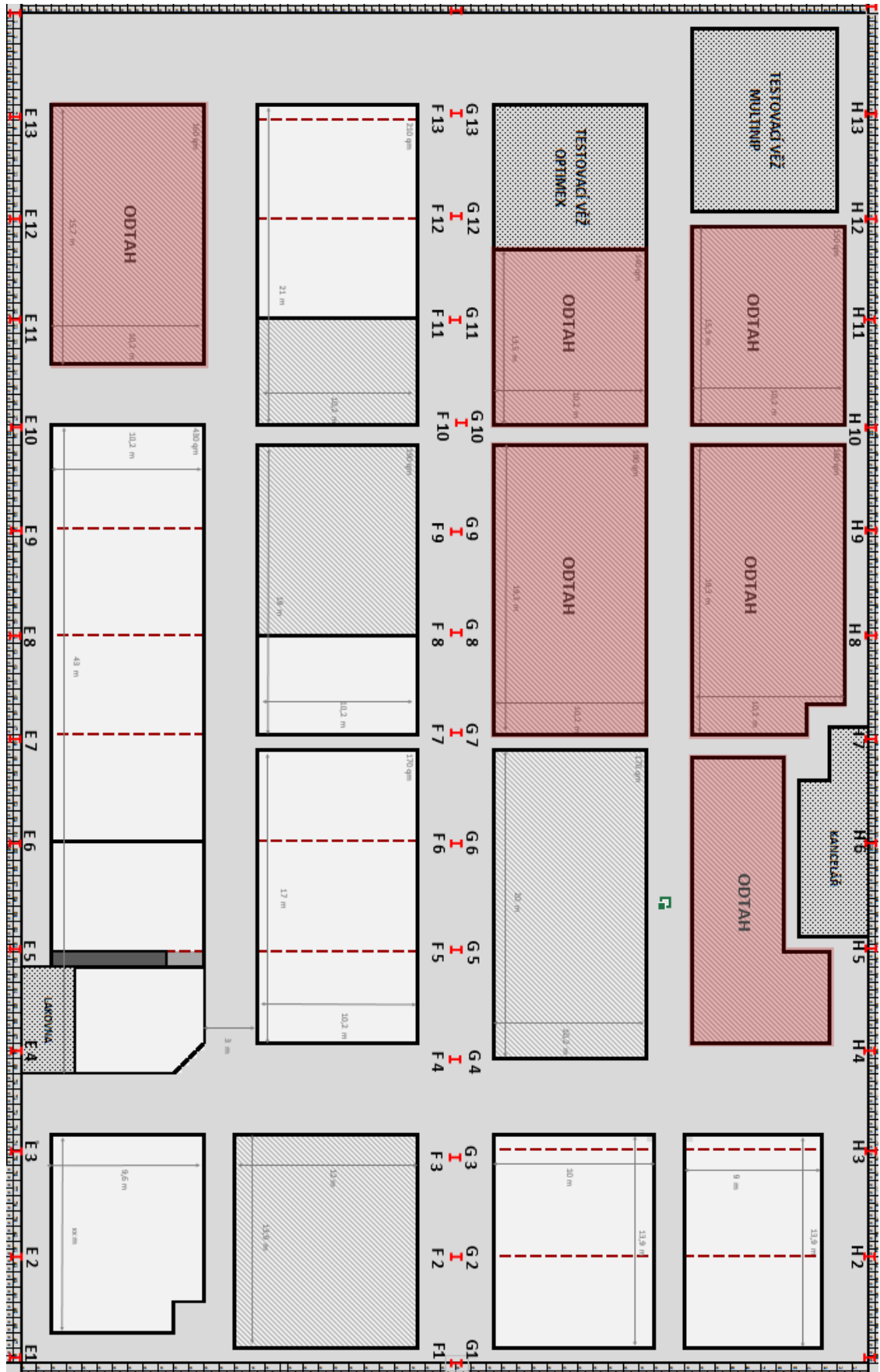
P2: Layout optimalizované zóny

P3: Montážní návodka

PŘÍLOHA PI: LAYOUT PŮVODNÍ ZÓNY



PŘÍLOHA P II: LAYOUT OPTIMALIZOVANÉ ZÓNY





Postup předmontáže: Pracoviště-03

Poradí	Popis jednotlivých kroků	Čas (HH:MM)	
			Symbol
04	Předmontáž dílů poháněných válců	2:55	
1	Podle provedení Pro šrouby M12- musí mít průměr 16(18mm), případně převrtat na průměr 16 mm. Pro šrouby M16 musí mít otvory průměr 20mm!		
2	Zkontrolovat barevné provedení domků ložisek předního poháněného válce, případně nechat přelakovat(olía barva).		
3	Doplnit maznice a vychystat zbývající díly do finální montáže.		
4	Předmontovat rotační přívody vody do válců, spoje utěsnit pomocí koudelky a těsnící pasty. Zkontrolovat házivost přívodních trubek, případně je přerovnat !!		
5			
6			



BOZP

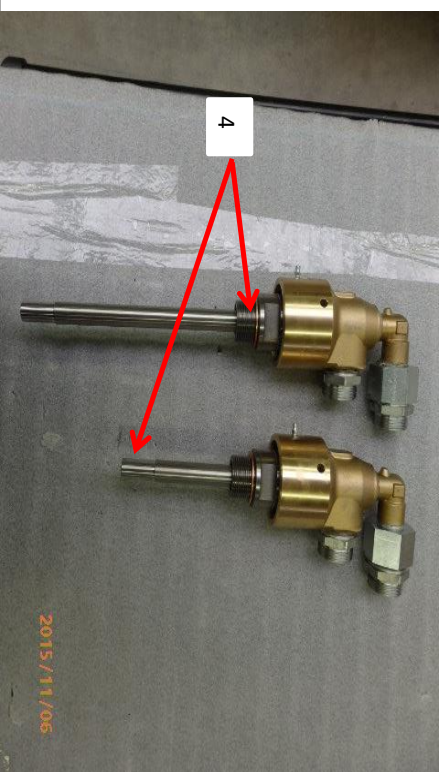
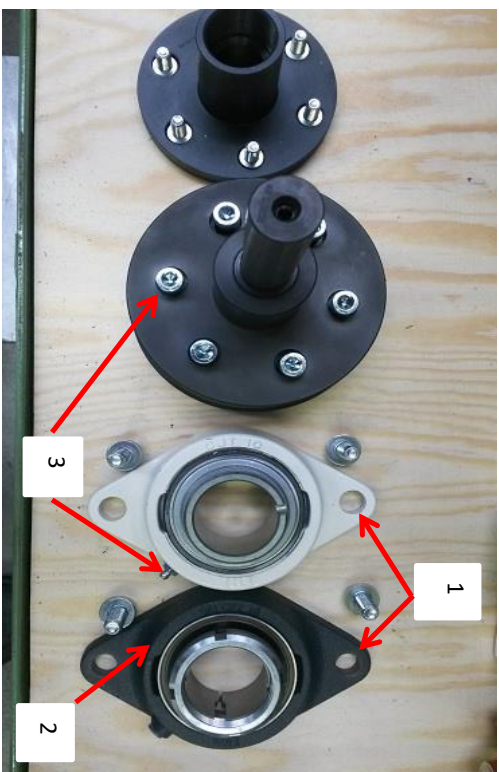


ZRUČNOST



KVALITA

Foto



Datum: 20.4.2016 / Další revize: 31.8.2016 /

Verze dokumentu: 02/ Číslo návodky: 000.0053

2015 / 11 / 06