

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301
Studijní zaměření: Průmyslové inženýrství a management

Bakalářská práce

Racionalizace montážní linky

Autor: **Jan Petřík**

Vedoucí práce: **Ing. Antonín Miller, Ph.D.**

Akademický rok 2016/2017

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu práce Ing. Antonínu Millerovi Ph.D. a konzultantovi Ing. Pavlu Kábelemu za vedení mojí bakalářské práce a cenné rady.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

AUTOR	Příjmení Petřík	Jméno Jan		
STUDIJNÍ OBOR	B2301 „Průmyslové inženýrství a management“			
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Miller, Ph.D.	Jméno Antonín		
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KPV			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Racionalizace montážní linky			

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2017
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	49	TEXTOVÁ ČÁST		GRAFICKÁ ČÁST	
---------------	----	---------------------	--	----------------------	--

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Tato bakalářská práce se zabývá racionalizací montážní linky. Teoretická část obsahuje úvod do problematiky štíhlé výroby a metod průmyslového inženýrství. Dále obsahuje postup projektování montážní linky. Praktická část popisuje stanovení taktu linky a proces balancování linky. Dále popisuje standardizaci práce na lince a obsahuje vytvořenou návodku k montáži zadního zavěšení kola.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p>Balancování, montážní linka, formule SAE, štíhlá výroba, návodka</p>

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	Surname Petřík	Name Jan	
FIELD OF STUDY	B2301 “ Industrial Engineering and Management“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Miller, Ph.D.	Name Antonín	
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Rationalization of Assembly Lines		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	IE & Mgmt	SUBMITTED IN	2017
----------------	---------------------------	-------------------	--------------	-------------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	49	TEXT PART		GRAPHICAL PART	
----------------	----	------------------	--	---------------------------	--

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	<p>This bachelor thesis is focused on rationalization of an assembly line. Theoretical part includes introduction to the problematics of lean production and methods of industrial engineering. Then it includes sequence of assembly line projecting. Practical part describes determining of takt time and the process of balancing of an assembly line. Then it describes standardization of work in the line and it includes a guide for rear suspension assembly.</p>
KEY WORDS	<p>Balancing, assembly line, formula SAE, lean manufacturig, assembly guide</p>

Obsah

Úvod.....	3
1. Úvod do problematiky	4
1.1. Štíhlý podnik.....	4
1.2. Štíhlá výroba.....	4
1.3. Typy výroby	5
1.4. Metody průmyslového inženýrství	8
1.4.1. Kaizen.....	8
1.4.2. Cyklus PDCA	8
1.4.3. Poka Yoke	9
1.4.4. Metoda 5S	10
1.4.5. Vizualizace	10
1.5. Plýtvání.....	11
1.6. Standardizace práce	14
2. Projektování montážní linky	16
2.1. Výběr nosného produktu	16
2.2. Takt linky.....	17
2.3. Montážní postup	17
2.4. Určení spotřeby času	18
2.5. Kapacity linky.....	18
2.6. Balancování	19
2.7. Finální úpravy linky.....	20
3. Popis linky	21
4. Analýza montážní linky	24
4.1. Takt montážní linky.....	24
4.2. Montážní postup	25
5. Balancování montážní linky	29
5.1. Sloučení pracovišť	29
5.2. Proces balancování linky	30
6. Standardizace	36
Závěr.....	38
Použité zdroje.....	39
Přílohy	40

Seznam tabulek

Tab. 3.1: Parametry montáže podsystemů [14]	22
Tab. 3.2: Parametry finální montáže [1]	23
Tab. 4.1: Původních a korigované parametry montáže [14]	24
Tab. 4.2: Matice montážního postupu (plná velikost v příloze).....	27
Tab. 4.3: Montážní postup.....	28
Tab. 5.1: Sloučená pracoviště	29
Tab. 5.2: Parametry finální montáže	34
Tab. 5.3: Vytížení podsystemů vzhledem k taktu	35
Tab. 5.4: Vytížení pracovišť vzhledem k taktu	35

Seznam grafů

Graf 5.1: Sloučená pracoviště	30
Graf 5.2: Stav linky před balancováním.....	31
Graf 5.3: První krok balancování	31
Graf 5.4: Druhý krok balancování.....	32
Graf 5.5: Třetí krok balancování	32
Graf 5.6: Stav linky po balancování	33
Graf 5.7: Sloučená pracoviště po balancování	33

Seznam obrázků

Obr. 1.1: Postavení výroby v rámci ostatních činností podniku [1].....	5
Obr. 1.2: Vývoj efektivity výroby [4]	5
Obr. 1.3: Tlakový a tahový princip výroby [5]	7
Obr. 1.4: Demingův cyklus, PDCA, SDCA [6]	9
Obr. 1.5: Osm druhů plýtvání [9].....	11
Obr. 1.6: Transport a manipulace [9]	13
Obr. 1.7: Úloha standardu v dlouhodobém zlepšování [6]	15
Obr. 2.1: Příklad ABC analýzy [12].....	16
Obr. 2.2: Příklad montážního diagramu [12]	18
Obr. 2.3: Příklad balancování montážních operací: a) před balancováním, b) po balancování [7]	19
Obr. 3.1: Layout haly [14].....	21
Obr. 6.1: Ukázka návodky (kompletní v příloze).....	37

Úvod

V dnešní době je konkurence na trhu velmi vysoká ve všech odvětvích průmyslu. Zákazník vyvíjí značný tlak na cenu a kvalitu výrobku, což jsou do značné míry protichůdné požadavky. Aby firma naplnila očekávání zákazníka a uspěla tak na trhu, její výrobky musí být kvalitnější než konkurenční, a nejen výroba, ale všechny složky podniku musí pracovat efektivněji, flexibilněji, rychleji a musí se neustále zdokonalovat. Prostředky, jak tohoto dosáhnout, se zabývá průmyslové inženýrství.

Mezi obory, které řeší průmyslové inženýrství, spadá i problematika montážních linek. Montáž má velký vliv na kvalitu i cenu výrobku a je proto nutné, aby probíhala efektivně. Toho lze dosáhnout uplatněním racionalizačních opatření, které zdokonalují montážní procesy a zvyšují využití výrobních kapacit. Právě racionalizace montážní linky je předmětem méjí bakalářské práce. Toto téma jsem si zvolil z důvodu jeho zajímavosti a praktického využití.

V bakalářské práci se zabývám racionalizací montážní linky formule SAE týmu UWB Racing Team Pilsen. Cílem práce je stanovit takt linky, provést její balancování a určit takt jednotlivých pracovišť. Dalším cílem je dosáhnout standardizace práce na lince prostřednictvím návodky na montáž zadního zavěšení formule.

1. Úvod do problematiky

V této části jsou popsány základní pojmy štíhlého podniku a štíhlé výroby, druhy výroby a metody průmyslového inženýrství použité pro projektování montážní linky.

1.1. Štíhlý podnik

Definice podniku: Podnik je základní samostatný subjekt tržního hospodářství vybavený lidskými, materiálně-technickými, finančními a informačními zdroji, který hledá své postavení, rozvoj a zisky na základě znalosti současné a odhadu budoucí situace na trhu. Podnik má stanoveny své poslání a cíle, jichž se snaží dosáhnout s co nejvyšší ekonomickou efektivností. [1]

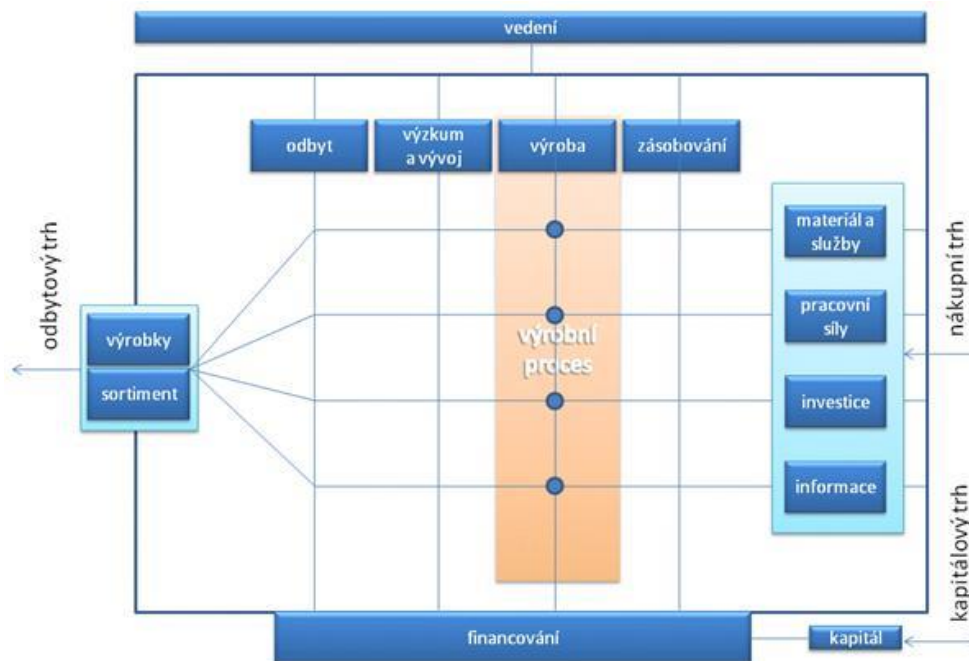
Štíhlý podnik provádí jen takové činnosti, které jsou potřebné a zvyšují přidanou hodnotu produktu, minimalizuje plýtvání, snižuje čas výroby a náklady při zvyšování kvality produktu. Chápe potřeby zákazníka a prostřednictvím klíčových procesů se je snaží stále lépe a lépe uspokojit. Jeho cílem je co nejrychleji poskytovat maximální hodnotu pro zákazníka (interního i externího) při spotřebování minimálního množství zdrojů. Štíhlý podnik zvyšuje svou flexibilitu a výkonnost tak, že za stejných podmínek (na stejné ploše, se stejným počtem pracovníků a strojů, se stejnými finančními zdroji, za stejný čas) dokáže vyprodukovat více kvalitnějšího výstupu než konkurence. Díky neustálé snaze o zlepšování všech procesů podniku si tento náskok nad konkurentem snaží udržet. [2] [3]

Prvky štíhlého podniku:

- Štíhlá výroba
- Štíhlá logistika
- Štíhlá administrativa
- Štíhlý vývoj

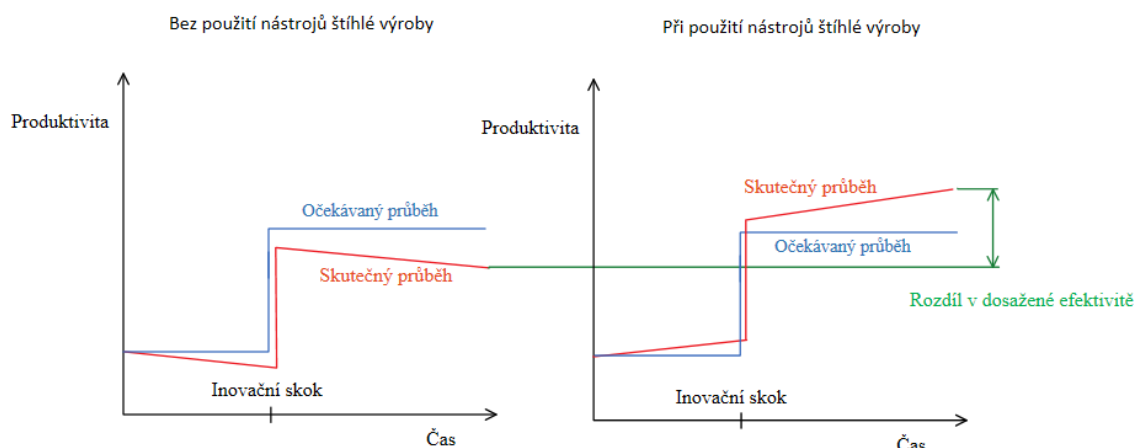
1.2. Štíhlá výroba

Výrobu lze charakterizovat jako promyšlený soubor procesů, které ze vstupů (materiální, lidské, informační a finanční zdroje) vytvářejí výstupy (výrobky a služby). Výstupy mají určitou hodnotu a slouží k dalšímu užití nebo prodeji za podmínek, které vedou k výsledkům optimálním pro podnik. Výrobu ovlivňují kromě výrobních zdrojů také podmínky výroby, normy, předpisy. Postavení výroby mezi ostatními činnostmi podniku je zobrazeno na Obr.1.1. [1]



Obr. 1.1: Postavení výroby v rámci ostatních činností podniku [1]

Štíhlá výroba je soubor metod a nástrojů k dlouhodobému zvýšení produktivity práce a efektivity výroby. Toho je dosaženo pomocí dlouhodobého a nepřetržitého zavádění drobných vylepšení, které mají v konečném důsledku velký efekt. Systémy řízení výroby mají sklon s časem zvyšovat svoji entropii (pravděpodobnost neúspěchu). Nástroje štíhlé výroby pomáhají v dlouhodobém měřítku tuto tendenci eliminovat, a naopak přispívají ke zvyšování efektivity (Obr 1.2). [4]



Obr. 1.2: Vývoj efektivity výroby [4]

1.3. Typy výroby

Typ výroby je dán množstvím výrobků, které vznikají ve výrobní jednotce a počtem jejich druhů. Výroba se rozděluje do těchto základní typů:

Kusová

Vyrábí se malé množství velkého počtu různých druhů výrobků (např. jeřáby). Výrobky jsou zpravidla složité a vyžadují vysoce kvalifikované pracovníky. Výrobky jsou originály a výroba je zakázková, často se už znovu neopakuje. Časový průběh výroby je nepravidelný. Příprava výroby není příliš podrobná, ale velmi častá. Používají se víceúčelové stroje. Výrobní náklady jsou vysoké.

Sériová

Vyrábí se menší počet druhů výrobků ve větším či menším počtu (např. automobily). Výrobky se vyrábějí po sériích s větší či menší pravidelností (velkosériová či malosériová výroba). S rostoucí pravidelností se přechází od univerzálnějších strojů k jednoúčelovým. Seřizovači strojů mají vysokou kvalifikaci, obsluha strojů nízkou. Časový průběh výroby je pravidelný. Příprava výroby je velmi podrobná, neopakuje se tak často. Náklady jsou nižší, protože se rozpočítávají do většího počtu kusů.

Hromadná

Vyrábí se velké množství výrobků jednoho, maximálně několika druhů (např. písek). Opakovanost je vysoká a výrobní cyklus krátký. Zaměstnanci mohou mít i nízkou kvalifikaci. Příprava výroby je jednoduchá a provádí se zřídka. Používají se výkonné jednoúčelové stroje. Výrobní náklady jsou nízké. [1]

Výrobu lze také dělit podle jejího průběhu, a to na:

Diskrétní

Skládá se z většího počtu samostatných částí, kde se výrobek vyrábí postupně v několika výrobních krocích, které tvoří polotovary. Např. strojírenský průmysl.

Spojité

Během výroby nedochází k zastavení výrobního zařízení a přísunu materiálu. Pracuje s kontinui. Např. chemický průmysl. [1]

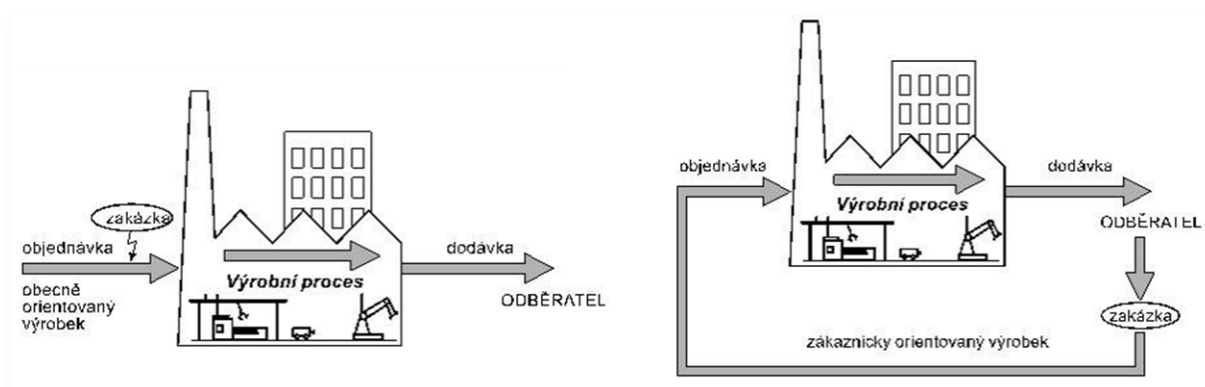
Pro fungování štíhlého podniku a štíhlé výroby je důležité znát princip tahu a princip tlaku.

Princip tlaku a tahu

Princip tlaku je řízen plánováním výroby. Přání zákazníka je predikováno a produkt se „protlačuje“ výrobním procesem. Takto se může stát, že jedno stanoviště pracuje rychleji než následující a tím vznikají velké mezioperační zásoby a vysoká rozpracovanost. Systém tlaku je typický pro plánované hospodářství, dnes se používá pro výrobky, které jsou na trhu přijímány a je jich trvalý nedostatek (potravinářský průmysl).

Princip tahu se řídí zákazníkem, který má nějaké konkrétní přání. Jednotlivé stanoviště výroby pak poptávají výstup po předchozím stanovišti. Tím se omezují mezioperační zásoby a výroba se zeštíhluje. Využívá se např. v automobilovém průmyslu, kdy si zákazník vybírá výbavu z rozsáhlého katalogu nebo si automobil dokonce sám sestaví v konfigurátoru. [5]

Princip tlaku a tahu je schematicky na Obr. 1.3.



Obr. 1.3: Tlakový a tahový princip výroby [5]

Snahy ve štíhlé výrobě

Mezi základní snahy ve štíhlé výrobě patří:

- **Zamezit plýtvání.** Za plýtvání se považuje každá činnost, která nezvyšuje přidanou hodnotu produktu.
- **Spolehlivé výrobní zařízení.** Volíme robustní zařízení, které vychází z vědecko-technického pokroku.
- **Způsobilost výrobního procesu.** Způsobilost procesu je pravidelně analyzována a hodnocena inženýrem kvality, technologem a technikem údržby.
- **Plynulý tok.** Zajištění plynulé vnitropodnikové logistiky: přísunu materiálních zdrojů, odběr hotových výrobků a přesun rozpracovaných výrobků mezi pracovišti.
- **Tok jednoho kusu.** Konstrukce jednotlivých výrobních nebo kontrolních zařízení musí vycházet ze snahy o vytvoření optimálně vybalancované linky bez úzkých míst (riziková místo, které určuje rychlost celé linky). Je vhodné využít analýzu MTM nebo MOST.
- **Minimalizace zásob.** Klade vysoké požadavky na štíhlost logistiky. Vhodné využít kombinaci systémů Just-in-Time, FiFo, apod.
- **Snižování počtu neshod.** Je nutné předcházet vhodnou aplikací Poka-Yoke apod.
- **Snižování výrobního času.** Výrobní zařízení s vhodně využitými prvky automatizace je schopné významně snížit výrobní takt a odstranit potenciální úzká místa zařízení i linky.
- **Minimalizace kontrolních pracovišť.** Kontrolní pracoviště výrobku nepřidávají hodnotu, často je proto výhodné je spojit s výrobním pracovištěm.
- **Kanban.** Vhodné zavedení pravidelného zásobování pomocí kanbanových karet vede k zefektivnění linky.
- **Standardizace výroby.** Standardizace výroby znamená sjednocení pracovních postupů shodných výrobních linek, pravidelné školení pracovníků apod.
- **Vizualizace pracovišť.** Pomocí fotografií lze pracovníkovi vysvětlit jednotlivé kroky pracovního postupu, upozornit ho na neshody, které se mohou vyskytnout na jeho pracovišti, nebo mu ukázat správné polohy pracovních nástrojů, náradí či přípravků.

- **Týmová práce.** K úspěšnému zavedení štihlé výroby jsou nutní zainteresovaní proškolení zaměstnanci, kteří přispívají neustálým zlepšováním výrobních procesů ke zvyšování efektivity výroby. Důležitá je spolupráce zplnomocněných vedoucích projektů s pracovníky obsluhy a údržby zařízení. [5]

Cílem štihlé výroby je dosáhnout spokojenosti zákazníka přesně v čase který požaduje při co nejmenších nákladech. K tomu musíme nejprve určit potřeby interního či externího zákazníka. Spokojený zákazník je kritériem úspěšnosti. Nespokojený zákazník přejde ke konkurenci. Pro snížení nákladů je nutné zamezit plýtvání. Proto rozdělíme všechny činnosti na ty, které přidávají hodnotu, a na ty které ji nepřidávají. Činnost přidávající hodnotu plní tyto kritéria:

- zákazník požaduje tuto činnost a platí za ní,
- tato činnost přetváří materiál nebo informaci,
- tato činnost je provedena správně a napoprvé.

Činnosti, které tyto kritéria nespĺňují je nutné omezit – jedná se o plýtvání.

Největší překážkou v zavádění nástrojů štihlé výroby v Evropě je přístup vedení podniků. Tomu se může jevit zbytečné zabírat se drobnými nedostatky.

1.4. Metody průmyslového inženýrství

Mezi metody průmyslového inženýrství patří PDCA, Kanban, vizualizace, metoda milkrun, Jidoka, Just-in-Time, metoda 5S, Poka Yoke nebo metoda SMED. Vybral jsem ty, které nachází uplatnění při racionalizaci montážní linky. [1]

1.4.1. Kaizen

Strategie Kaizen je nejdůležitějším pojmem japonského managementu. Kaizen je probíhající zdokonalení týkající se všech – vrcholného i středního managementu, stejně jako všech zaměstnanců. Nejdůležitější rozdíl mezi japonskou a západní koncepcí ekonomického řízení je, že japonský Kaizen je zaměřený na výrobní proces ve srovnání se západním myšlením, zaměřeným na inovace a výsledky. [6]

1.4.2. Cyklus PDCA

Cyklus PDCA představuje jednoduchý univerzální postup pro zlepšování procesů a zdokonalování manažerských činností. Všechny činnosti lze zlepšit aplikací postupu plánuj, udělej, zkontroluj, uskutečni.

PDCA vychází z Demingova cyklu, což je koncept neustále rotujícího kola zdůrazňující nezbytnost neustálých interakcí mezi výzkumem, projekcí, výrobou a prodejem, aby bylo dosaženo zdokonalení kvality a spokojenosti zákazníků. [6]

Plan (plánuj)

Cyklus začíná sběrem informací a analýzou výkonnosti současného systému. Sbírají se data o současných problémech a jejich příčinách, podle nich se následně připraví plán. Plán obsahuje jednotlivé činnosti potřebné k odstranění příčin problémů. Navrhnu se možná řešení a vybere se to nejvhodnější

Do (udělej)

Po vypracování plánu se dané činnosti zavedou. Zamýšlené řešení se testuje, aby nedošlo k přerušení rutinních činností.

Check (zkontroluj)

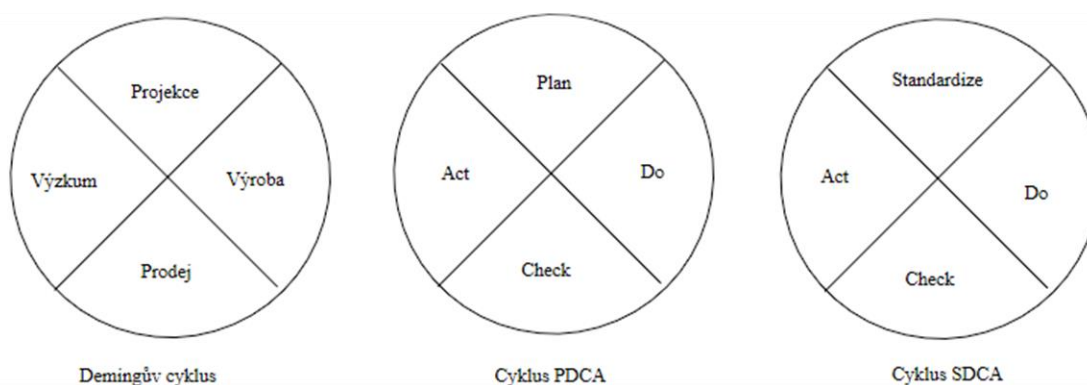
Výsledky testu se hodnotí a posuzuje se, zda byla odstraněna příčina problému. Odstraňují se případné překážky zlepšení. Neustále je nutné kontrolovat také původní činnosti, zda nebyla ovlivněna novým řešením kvalitou výstupu.

Act (uskutečni)

Na základě testu a vyhodnocení dosaženého zlepšení se vypracuje konečné řešení. Je-li problém odstraněn, nové řešení se stává standardem, aby bylo kdykoliv použitelné. Zapojeny jsou i další osoby, které jsou změnou ovlivněny. Pokud problém nebyl odstraněn, poslední fáze se vynechá, přechází se opět k první fázi a navrhnou se nová řešení. [1]

Vylepšením cyklu PDCA je cyklus SDCA – Standardizuj, udělej, zkontroluj, uskutečni. Management rozhodne o vytvoření standardu předtím, než provede funkci PDCA. [6]

Rozdíly v krocích jednotlivých cyklů jsou patrné z obrázku 1.4.



Obr. 1.4: Demingův cyklus, PDCA, SDCA [6]

1.4.3. Poka Yoke

Je to levná, ale velice efektivní metoda, která ochraňuje výrobní nebo montážní proces před tvorbou zmetků. Principem metody je prevence proti chybám, případně jejich detekce a okamžitá náprava. Typy prostředků Poka Yoke se dělí podle jejich funkce následovně:

- Chybám se předchází v místě jejich vzniku (např. kolík, který brání špatnému sestavení výrobku)
- Celková kontrola dílu pomocí levného snímače (např. koncový spínač, který aktivuje signalizaci, pokud se vyskytne abnormalita)
- Okamžité zastavení operace, pokud je zjištěna vada (např. obvod automaticky vypne stroj)

1.4.4. Metoda 5S

Metoda 5S je základní metodou pro systematické zlepšování. Její pomocí lze v podniku vytvořit a udržet kvalitní prostředí. Na pracovišti se nacházejí jen ty pracovní prostředky, které jsou potřeba, jsou setřizeny, pracoviště a jeho okolí je uklizeno, dodržuje se čistota a pořádek. Zavádění nástroje 5S musí předcházet důkladná analýza efektivity činností podniku. Podle výsledku analýzy se může zavádění značně lišit co do složitosti a celkového potřebného času zavedení. Při aplikaci se musí nejprve zavést tým tvořený z pracovníků společnosti pod vedením externího konzultanta. Po dokončení je celý proces potřeba standardizovat a dané standardy je nutné dodržovat. Celý proces je nutné neustále vylepšovat.

5S je zkratkou pěti japonských slov.:

Seiri – Setřídít

Je potřeba rozlišit potřebné od zbytečného. Všechno, co se nachází na pracovišti, veškeré nástroje, výrobní materiál, dokumenty, rozpracované výrobky atd. je nutno zkontrolovat a posoudit, zda je skutečně jejich umístění na pracovišti k plnění dané činnosti nutné. Všechny předměty, které na pracovišti nejsou nutné, se označí červenou kartou a zapíše do seznamu. Tím umožní vzniknout přehlednějšímu a bezpečnějšímu pracovišti, které usnadňuje hledání potřebných nástrojů a umožňuje efektivnější práci.

Seiton – Systematizovat

Všechny pracovní prostředky, nástroje dokumentace atd. musí být na pracovišti uspořádány tak, aby jejich nalezení vyžadovalo minimum úsilí a času. Všechna zařízení a nástroje používané k vykonání daného pracovního úkonu uspořádat a případně opravit. Každý nástroj musí být označen a mít své pevně dané místo, které respektuje ergonomii pracoviště. Nástroje je třeba udržovat v perfektním stavu.

Seiso – Společně čistit

Pracoviště je třeba udržovat v čistotě a odstranit zdroje znečištění. Pracovníci daného pracoviště musí dodržovat čistotu a pravidelně své pracoviště uklízet. Čisté pracoviště je nutné k vyrobení kvalitního výrobku, umožňuje včasné rozpoznání problému a zvyšuje bezpečnost pracovníků.

Seiketsu – Standardizovat

Je potřeba navrhnout standardy k dodržování předešlých zásad, zejména čistoty na pracovišti. Standardy musí být snadno srozumitelné, aby bylo možné jejich bezproblémové dodržování zaměstnanci.

Shitsuke – Stále zlepšovat

Pracovníci si musí zvyknout na dodržování nových pravidel a být disciplinováni. Pomocí pravidelných kontrol jsou upevněny nové zásady 5S. Následně se zavedené standardy dále zlepšují. [5], [7]

1.4.5. Vizualizace

Je to jednoduchý způsob, jak pracovníkovi pomoci, aby pochopil pracovní postup, dodržoval standardy a pracoval efektivně. Na pracoviště můžeme umístit např. nákres pracovního postupu, fotografii hotového produktu nebo označit místa pro jednotlivé přípravy. Tímto způsobem lze pracovníkovi sdělit, na co si dát při práci pozor a mnoho dalších informací.

1.5. Plýtvání

Základní snahou štíhlého podniku je zamezit plýtvání, tedy všech činností, které výrobku nezvyšují přidanou hodnotu. Výrobek se může vyskytovat pouze ve čtyřech stavech:

- doprava
- skladování
- výroba
- kontrola

Z těchto třech stavů pouze stav výroby zvyšuje výrobku přidanou hodnotu, přičemž zbylé tři obsahují pouze činnosti, které stojí peníze, ale nepřidávají hodnotu.

Kromě eliminace plýtvání (muda), se úsilí soustředí také na eliminace nevyrovnaného vytížení (mura) a přetížení lidí a strojů (muri). [8]

Rozlišuje se osm druhů (kategorií, zdrojů) plýtvání muda (Obr. 1.5):



Obr. 1.5: Osm druhů plýtvání [9]

Nadvýroba

Je nejhorším ze všech osmi druhů plýtvání, protože jejím následkem dochází ke všem ostatním kategoriím plýtvání. Jedná se o výrobu produktu, který zákazník v daném okamžiku nepotřebuje. Nadprodukce je nežádoucí z důvodu vázání finančních prostředků, zvyšování nároků na výrobní a skladovací plochy, zvyšování počtu potřebných pracovníků a zvyšování nebezpečí selekce příliš velkých dávek polotovarů.

Příčiny mohou být:

- velkosériová výroba
- neschopnost dosáhnout krátkého času seřízení (Podnik vyrábí ve velkých dávkách, protože přenastavení výrobního zařízení trvá příliš dlouho.)
- vytváření velkých skladových zásob z důvodu nahrazování vadných dílů (Kvůli vysoké zmetkovitosti vyrobí podnik větší množství kusů, aby dosáhl požadovaného množství dobrých kusů)
- přezaměstnanost (Pracovník soustruhu nemá práci, proto zahájíme zakázky ze vzdálené budoucnosti, aby byl zaměstnán.)

Příkladem nadvýroby v nevýrobních procesech je hlavně produkce zbytečně velkého množství informací, které nemají využití nebo jejich duplicitní zpracovávání. Dalším příkladem je zbytečně velké množství různých porad či nadbytek byrokratických činností.

Plýtvání z nadvýroby se může omezit použitím vhodného systému plánování výroby (Kanban apod.), dodržováním standardů, aplikací metody pro rychlou změnu sortimentu nebo výměnu přípravku (SMED), aplikací účinné preventivní údržby, zabezpečením vysoké kvality. [5], [10]

Zbytečné pohyby

Zbytečné jsou pohyby, které stojí čas a energii ale nezdokonalují výrobek a jsou tedy plýtváním. Je to každý pohyb, který lze zrychlit, zjednodušit a zefektivnit.

Jedná se o pohyb zaměstnanců, kdy např. musí jít pro materiál do skladu, hledá náradí nebo se musí ohýbat do nepříjemných poloh.

Eliminovat zbytečné pohyby lze optimalizací pracoviště – uspořádáním strojů a přípravků a umožněním jednoduchého doplňování zásob. Pracoviště musí být také řešeno s ohledem na ergonomii, aby pracovníkovi nesnižovalo produktivitu, nebo dokonce nemělo negativní dopad na jeho zdraví. [5], [9]

Transport a manipulace

Transport je pohyb objektu z jednoho místa na druhé, který není součástí operace. Plýtvání vzniká během zbytečné manipulace a transportu kvůli špatně uspořádanému podniku i při zbytečném přenášení výrobku na jednom pracovišti. Transport je činností, která nepřináší hodnotu, způsobuje čekání na výrobky a hrozí při něm poškození výrobku.

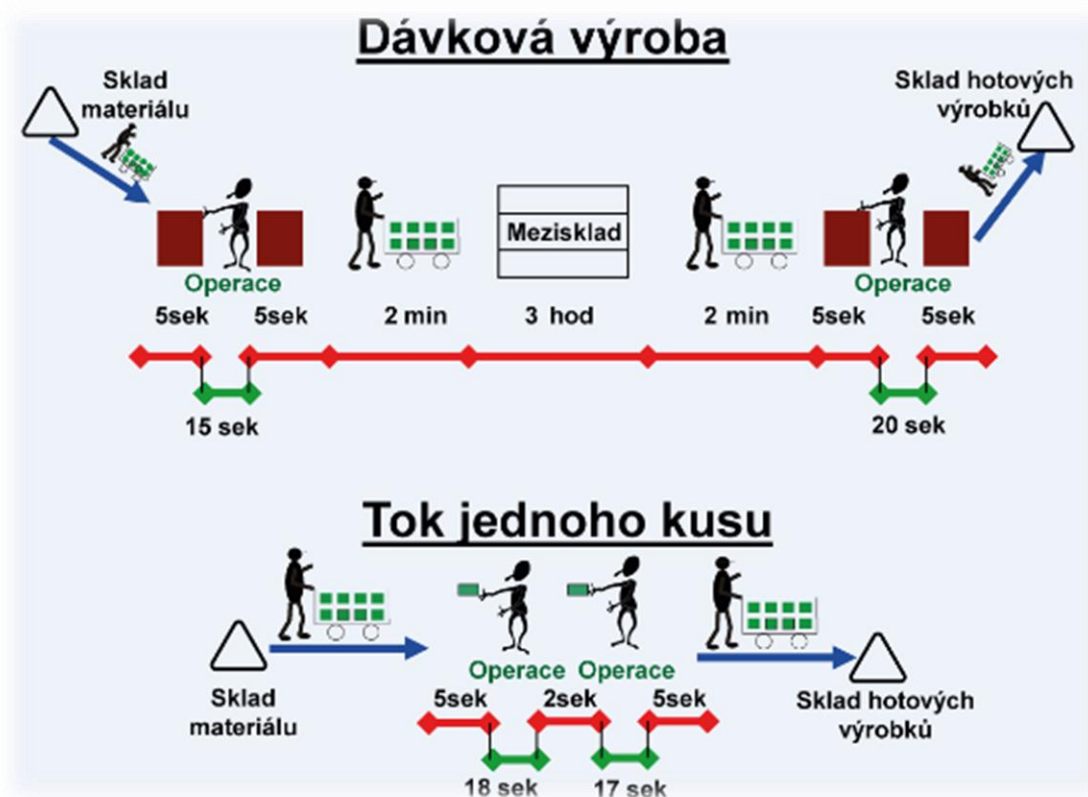
Formy plýtvání:

- vícenásobný transport mezi skladem, meziskladem a pracovištěm
- přesun palet pomocí manipulačních vozíků
- přeprava pomocí pásových dopravníků
- dočasné ukládání rozpracovaného materiálu
- překládání materiálu do a z přepravek
- přebalování materiálu a výrobků

Toto plýtvání vzniká především při dávkové výrobě, při použití technologicky uspořádaného layoutu, při nadprodukcí, nepružnost dodavatelů, špatné plánování výroby či organizace.

Řešením je použití produktově zaměřeného layoutu, toku jednoho kusu materiálu, snížení množství zásob na pracovišti a zrušení meziskladů (Obr. 1.6). Optimalizací uspořádání

pracoviště docílíme kratší dráhy toku materiálu. Pomůže také optimální balení materiálu nebo polotovarů přímo od dodavatele. [5], [9]



Obr. 1.6: Transport a manipulace [9]

Čekání

Čekání pracovníka nebo stroje je čas, který může být využit k vyrábění produktu, za který zákazník platí. Pracovník může čekat na dodání materiálu, zpracování materiálu strojem nebo opravu či seřízení stroje. Tento druh plýtvání tvoří největší část všech procesů.

Toto plýtvání můžeme eliminovat změnou dávkové výroby na tok jednoho kusu a zjednodušením materiálových a informačních toků. Jeden pracovník také může obsluhovat více strojů. [5], [9]

Chyby a zmetky

Časově, materiálně i energeticky náročné plýtvání. Zmetky vznikají kvůli vadnému materiálu, chybné dokumentaci, chybě pracovníka, chybě informačního systému apod. V ideálním případě se zmetky neopravují. Pokud je třeba zmetek opravit, děje se tak mimo montážní linku. Při vzniku chyby je třeba zjistit její příčinu a provést okamžitá a následná opatření, aby se chyba neopakovala. [5]

Zásoby

Nadbytečné zásoby pouze zakrývají problémy, které by vůbec neměly existovat jako např. dlouhá doba seřizování, poruchy, špatná kvalita. Navíc zabírají plochu, která by mohla sloužit k výrobě a zadržují finance. V zásobách je třeba udržovat pořádek, což je při jejich velkém

množství složité. Zásoby jsou také zdrojem dalších ztrát jako zvýšené nároky na transport, možnost jejich poškození atd.

Snížit množství zásob lze díky metodám štíhlé výroby jako Kanban (systém kontroly zásob), toku jednoho kusu (eliminuje zásoby mezi operacemi) nebo SMED (zkracuje dobu seřizování). [9]

Neefektivní práce

Neefektivní práce sice přidává hodnotu, ale lze ji provádět efektivněji. Taková práce spotřebovává více času, materiálu i lidské práce, než je nutné.

Zaměstnanci pracují efektivněji když dodržují standardy a řídí se metodou 5S. Lze jim rovněž pomoci správně pochopit daný pracovní úkon pomocí vizualizace. [9]

Nevyužití lidského potenciálu

Zaměstnavatel by měl plně využít schopnosti pracovníků. Pokud zaměstnanec dostatečně nemotivuje, špatně s nimi komunikuje nebo podceňuje jejich schopnosti vzbudí v nich pocit frustrace a promarní šanci na zlepšení. Zaměstnavatel musí brát v potaz podněty od zaměstnanců a rozvíjet jejich potenciál.

1.6. Standardizace práce

Aby mohlo dojít ke zlepšení, musíme znát současný stav. Proto jsou standardy nutné ke zlepšení (zobrazeno na Obr.1.7.)

Standard lze definovat jako způsob rozšiřování výhod plynoucích z různých zlepšení do celé organizace.

Pro každého dělníka, stroj, proces i manažera musí existovat přesný standard měření. Už před zavedením strategie Kaizen musí vedení firmy znát současný stav a pracovní standardy. Protože Kaizen je založený na neustálém zlepšování, tak stávající standardy v podstatě existují jen proto, aby byly nahrazeny lepšími standardy.

Práce většiny zaměstnanců se skládá z mnoha jednotlivých úkonů. Například práci obráběče lze rozdělit do několika kroků: přinést materiál, vložit jej do stroje, zapnout stroj, obrobit materiál, zastavit stroj atd. Není možné ani nutné standardizovat každý tento krok jednotlivě. Měřitelné a standardizované by měly být klíčové prvky jako doba celého cyklu, pořadí jednotlivých kroků nebo nastavení stroje.

Japonské továrny někdy používají tzv. jednobodovou standardizaci. Jestliže je práce dělníka takového charakteru, že většina jeho úkonů nemusí být standardizována, často stačí, aby byl standardizován jen jeden z jeho mnoha úkonů. Tento jednobodový standard pak často bývá vyvěšen na pracovišti, aby na něj dělník stále myslel, a poté co si zvykne na jeho plnění je možné přidat další.

Standard je závazný pro každého a úkolem managementu je dohlížet na to, zda všichni pracují v souladu se zavedenými standardy (zda jsou disciplinováni).

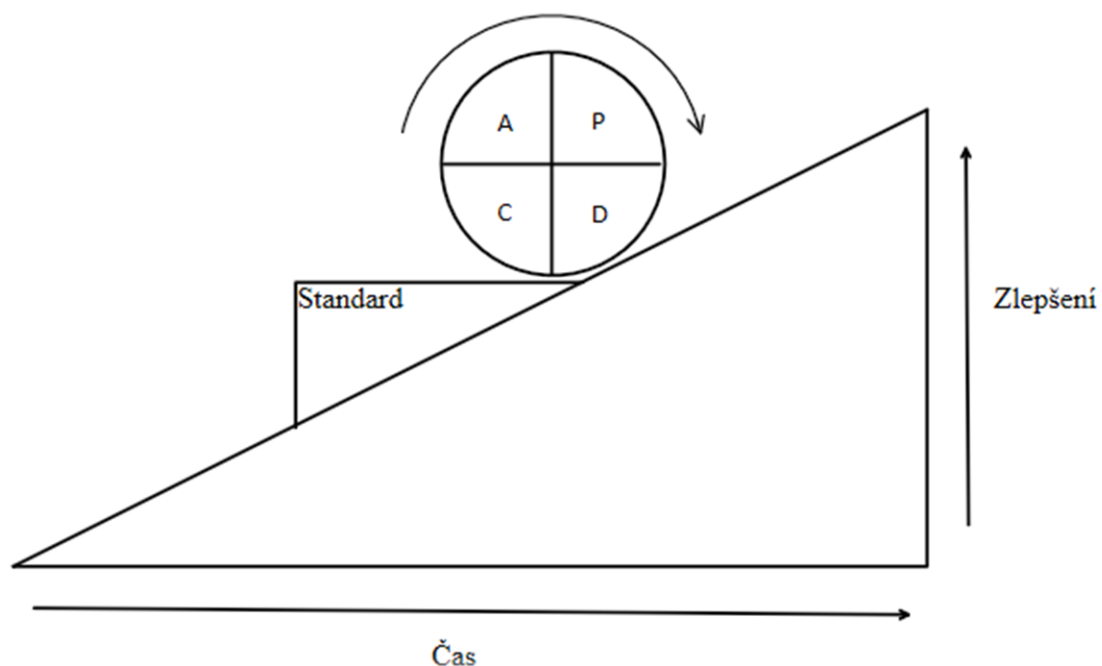
Každý standard obnáší tyto vlastnosti:

1. Individuální zodpovědnost
2. Přenos osobní zkušenosti na další generaci dělníků
3. Přenos osobní zkušenosti na organizaci

4. Shromažďování informací (poučení z chyb) v rámci organizace
5. Zavádění know-how, získaného na jednom pracovišti na dalších pracovištích
6. Disciplína

Každé pracoviště má vlastní výkonnostní standardy a standardní pracovní postupy. Pokud pracovník narazí na nějaký problém, je zjištěna jeho příčina a navrženo řešení. Podle cyklu PDCA je poté účinnost řešení v praxi ověřena. Pokud vedlo řešení ke zlepšení, stává se z něj standard a je rozšířen do dalších částí podniku. Pokud v dalším období probíhá práce podle nového standardu v pořádku, bylo dosaženo dlouhodobého zlepšení.

V rámci strategie Kaizen musí management zkoumat stávající standardy a zjišťovat, zda není možné jejich zlepšení. [6]



Obr. 1.7: Úloha standardu v dlouhodobém zlepšování [6]

2. Projektování montážní linky

Tato část obsahuje teorii projektování montážní linky. Cílem je zajistit úspěšné a hospodárné zavedení montážních linek.

Montážní linka

Montážní linka je soubor pracovišť, seřazených podle technologického postupu. Jednotlivá pracoviště jsou propojena mezioperační dopravou. [11]

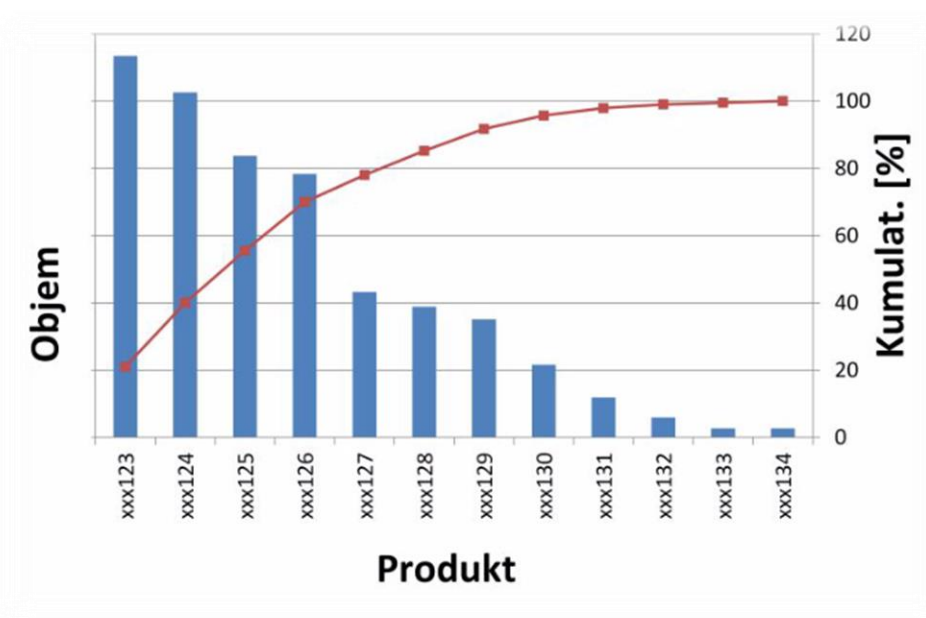
Technologický postup

Technologický postup je předpis, který určuje, jakým způsobem bude probíhat výrobní proces konkrétní součásti tak, aby výroba probíhala optimálním způsobem z předepsaného materiálu a v předepsané kvalitě. [12]

Projektování montážní linky jsem popsal v osmi krocích, při jejichž sestavování jsem se nechal inspirovat článkem [12].

2.1. Výběr nosného produktu

Vhodný výrobek (nebo skupina výrobků) pro optimalizaci je charakteristický tím, že jeho výroba představuje naprostou většinu celkové spotřeby času. K identifikaci těchto výrobků se využívá ABC analýza. Všechny výrobky se seřadí podle objemu výroby a vyberou se ty, jejichž výroba dává v součtu 70 % spotřebovaného času. Na grafu 2.1 jsou to první 4 výrobky.



Obr. 2.1: Příklad ABC analýzy [12]

Na tento výrobek (skupinu výrobků) je důležité se zaměřit, protože plýtvání, ke kterému při jeho výrobě dochází se neustále opakuje a je zdrojem většiny ztrát. [12]

2.2. Takt linky

Při navrhování montážní linky je takt klíčovým parametrem. Je roven době jednoho pracovního cyklu, za který se na lince zhotoví jeden výrobek. Při výpočtu se vychází z počtu kusů, který se plánuje vyrobit za jeden rok, směnnosti linky a časového fondu pro výrobu daného počtu. [11]

Počet výrobků vyrobených za směnu

Při výpočtu počtu vyrobených kusů za směnu se vychází z požadovaného počtu kusů vyrobených za rok, časového fondu pro výrobu tohoto počtu a směnnosti. Vypočítá se pomocí vztahu (2.1).

$$N_s = \frac{N}{t_t \cdot t_{dn} \cdot s} \quad [\text{ks}] \quad (2.1)$$

N	požadovaný počet výrobků za rok	[ks/rok]
t_t	počet pracovních týdnů v roce	[týden]
t_{dn}	počet pracovních dnů v týdnu	[den]
s	směnnost provozu	[směn]

Výpočet taktu linky

Takt linky lze spočítat z poměru časového fondu směny a z požadovaného množství výrobků za směnu. Vztah (2.2)

$$t = \frac{T_s - T_z}{N_s} \quad [\text{min/ks}] \quad (2.2)$$

T_s	doba směny	[min]
T_z	celkový ztrátový čas	[min]

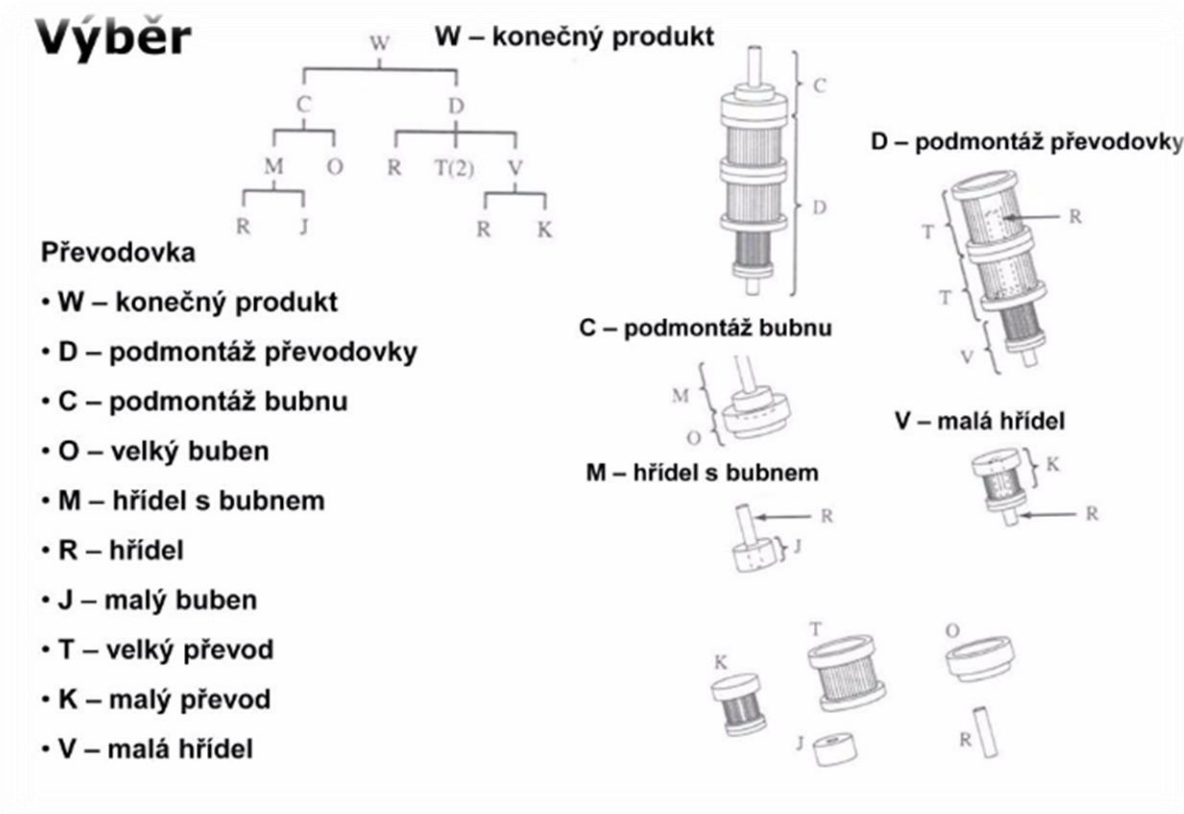
Celkový ztrátový čas se skládá ze součtu všech přestávek a ztrátového času, určeného ke kontrole linky. Určí se vztahem (2.3)

$$T_z = \sum p + k_z \quad [\text{min}] \quad (2.3)$$

p	doba přestávky	[min]
k_z	čas ke kontrole linky	[min]

2.3. Montážní postup

Postup montáže výrobku zpracujeme do podoby montážního diagramu (příklad na Obr. 2.2). Je to grafické znázornění všech kroků, které je třeba udělat, aby byl výrobek kompletní. Na diagramu je vidět, které kroky na sebe navazují, a které jsou do určitého kroku nezávislé. Díky schopnosti najít nezávislé činnosti můžeme přerozdělit operace a lépe vyvážit linku. Na základě diagramu lze také alternativní technologické postupy. [12]



Obr. 2.2: Příklad montážního diagramu [12]

2.4. Určení spotřeby času

Nyní určíme předpokládanou spotřebu času pro jednotlivé pracovní kroky. To lze provést provést buď přímým měřením času, nebo použitím metod určení času.

Mezi přímé metody měření času patří časový snímek operace (chronometráž), snímek pracovního dne a multimomentová studie.

Nepřímé metody jsou kombinací časových a pohybových studií. Základním pohybům přiřazují předem určené časy.

- metoda MTM – Operace se rozdělí na co nejmenší jednotlivé pohyby, kterým je poté přiřazena hodnota.
- metoda MOST – Zvolí se základní pohyby, které pracovník vykonává opakovaně. Pohybům se přiřadí sekvence, která se dělí na jednotlivé aktivity (pohyb těla vertikálně, uvolnění, měření, ...). MOST rozeznává 2 principy: předmět se posouvá volně v prostoru, nebo se předmět posouvá v kontaktu s jiným tělesem.

2.5. Kapacity linky

Kapacita linky je dána krokem s nejnižší kapacitou (úzkým místem). Pokud je kapacita operace menší než objem požadovaný od zákazníka, je třeba eliminovat zbytečné činnosti, pokusit se navýšit kapacitu nebo zdvojit některé pracoviště.

Výrobní dávka

Výrobní dávka je ucelený počet kusů jednoho výrobku, který se vyrobí na lince, než se zde začne vyrábět jiný výrobek. Dá se vypočítat pomocí vztahu (2.4)

$$q = \frac{T_{bc}}{a \cdot T_{ac}} \quad [\text{ks}] \quad (2.4)$$

T_{bc} čas na přetypování stroje [min]

T_{ac} kusový čas [min]

$a=0,05$ pro středně velké součástky

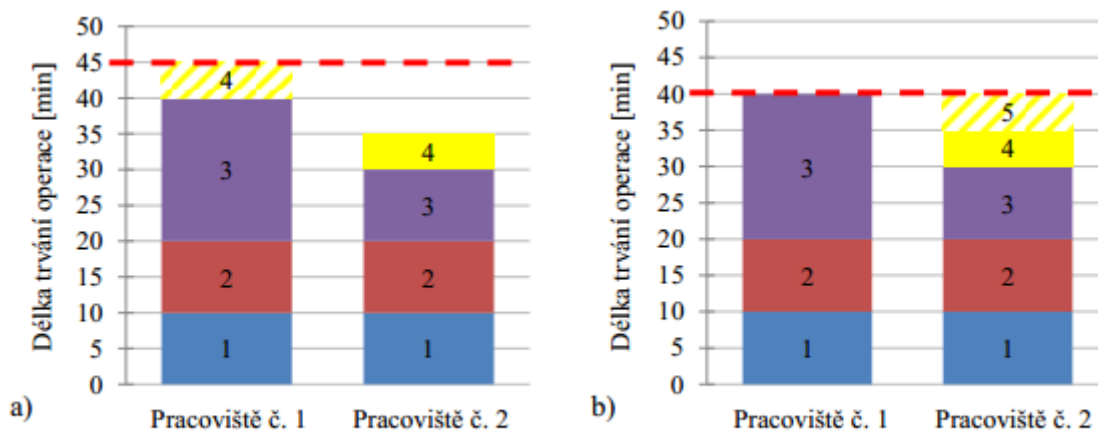
Minimální počet pracovišť na lince

Minimální počet pracovišť se určí vztahem (2.5)

$$P_{\min} = \frac{\sum \text{montážních časů}}{\text{takt}} \quad (2.5)$$

2.6. Balancování

Snahou balancování je rozdělit jednotlivé operace na pracoviště tak, aby činnost na každém pracovišti trvala stejně dlouho tzn. aby linka ve stanoveném taktu odvážela výrobky a aby se mezi pracovišti nehromadily zásoby. Příklad balancování je vidět na Obr. 2.3.



Legenda: 1, 2, 3, 4, 5 – Pořadí montážní operace

Obr. 2.3: Příklad balancování montážních operací: a) před balancováním, b) po balancování [7]

Operace z montážního diagramu se do tabulky seřadí vzestupně podle počtu předchozích operací. K operacím se doplní časy jejich trvání. Následně se operace slučují na jednotlivá pracoviště tak, aby ale žádný výsledný čas sloučených operací nebyl vyšší, než je takt linky. [7]

2.7. Finální úpravy linky

Na základě montážního postupu lze nyní uspořádat jednotlivá pracoviště do linky. Ta může být přímá, ale také se větvit nebo mít tvar I či L, podle rozměrů montážní haly. Ve štíhlé výrobě se často používá tvar U. Ten má výhodu krátkých vzdáleností mezi jednotlivými pracovišti, takže jeden operátor může obsluhovat více strojů.

Dále je nutné vybavit pracoviště nástroji a přípravky, připravit zásobování materiálem. Vše by mělo být umístěno na optimálních místech, aby se zamezilo jakémukoliv plýtvání. Výška pracovního stolu či poloha nástrojů musí respektovat fyziologii člověka a dodržovat zásady ergonomie. Tím se zvýší efektivita práce operátorů a ochrání se jejich zdraví.

Na závěr je potřeba standardizovat práci na lince, čímž je zajištěna efektivita práce. Zejména ze začátku je vhodné použít na pracovišti metodu vizualizace, aby se pracovníci sžili s novými standardy

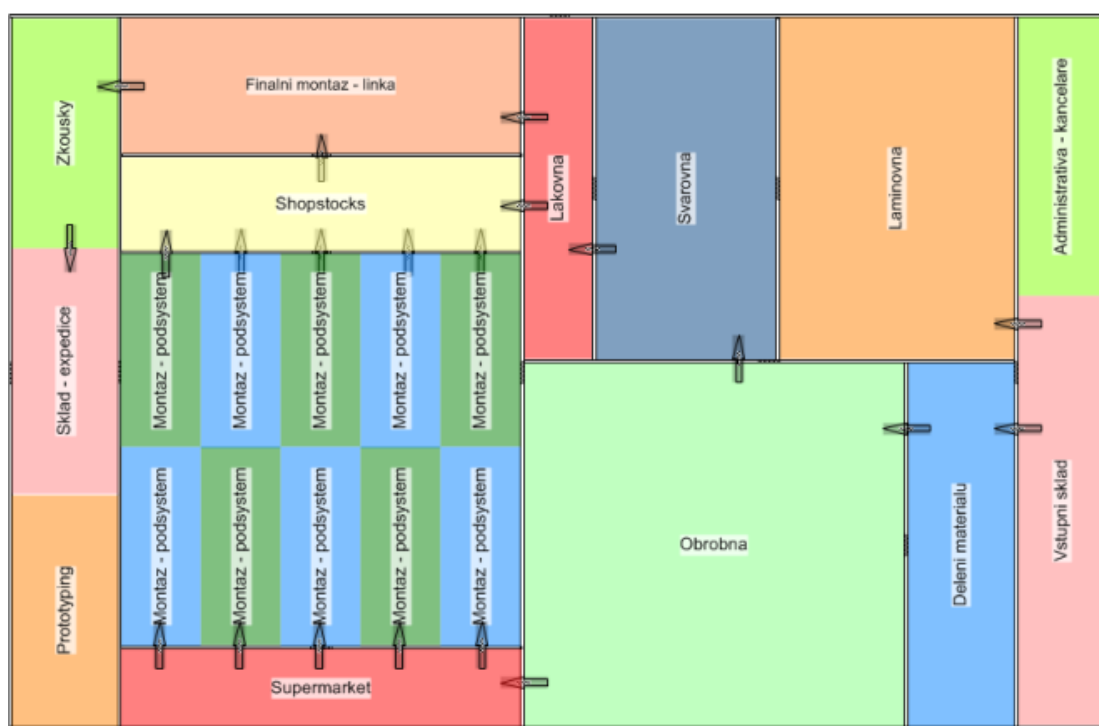
3. Popis linky

Linka, jejíž racionalizací se bude zabývat praktická část mojí bakalářské práce, je montážní linka Formule SAE týmu UWB Racing Team Pilsen. Tým má jako jednu z disciplín za úkol prezentovat svůj monopost a záměr fiktivnímu investorovi a připravit fiktivní výrobu o objemu 1000 kusů za rok.

Montáž se skládá ze dvou částí:

- 1) Montáž podsystémů na samostatných pracovištích
- 2) Finální montáž kompletního monopostu z jednotlivých celků podsystémů

Montáž jednotlivých subsystémů je založena na předemném uspořádání a probíhá na samostatných pracovištích. Subsystémy jsou poté dodávány do mezikladů před finální linkou, ze kterých si je pracovník odebírá v pravou chvíli. Není zde potřebná časová synchronizace montážní linky podsystému a finální linky monopostu, která by byla komplikovaná. Finální linka monopostu je proudová (synchronní). Ze stran finální řadové linky vstupují do kompletace jednotlivé hotové podsystémy dle montážního postupu. [14] Rozvržení celé haly je vidět na obrázku. 3.1.



Obr. 3.1: Layout haly [14]

Mezi hlavní výhody tohoto konceptu patří:

- lepší využitelnost strojů,
- zavedení vícestrojové obsluhy a lepší využití kapacit pracovníků,
- změna výrobního programu nenarušuje výrobní chod,

- kombinace montáže podsystémů a finální montáže bez nutné časové synchronizace (u finální linky časový sled operací nutný),
- mezisklad mezi montáží podsystémů a finální linkou
- rytmičnost montážních operací.

Nevýhody konceptu:

- komplikovanější materiálový tok,
- delší průběžná doba výroby a vyšší náklady na dopravu,
- vyšší nároky na plochu vzhledem k využití meziskladů.

Pracoviště montáže podsystémů jsou vybavena montážními stoly, pracovními stoly s náradím, skříněmi s náradím, pomocným vybavením pro manipulaci (kvůli hmotnosti některých podsystémů je nutno použít jeřáb). [14]

Parametry montáže jednotlivých podsystémů jsou uvedeny v tabulce 3.1

Název podsystému	Čas operační (montáže podsystému) [min]	Čas přetypování [min]
Rám formule	0	-
Motorový systém	95	17
Airbox systém	35	10
Výfukový systém	98	14
Palivový systém	168	31
Chladicí systém	66	18
Pohonný systém	115	15
Systém kola a brzdový systém	256	0
Pedálový systém	177	30
Systém řízení a řízení	130	40
Systém sedačky	81	12
Elektronický systém	98	24
Ostatní a speciální díly	4	16
Kapotáž, bočnice	0	-

Tab. 3.1: Parametry montáže podsystémů [14]

Prvky finální montážní linky jsou montážní stoly, pracovní stoly s náradím, skříně a regály s náradím, spojovacím materiálem a drobnými díly, manipulační zdvihací zařízení (plošina či zavěšení), některá pracoviště jsou vybavena jeřábem.

Výchozí parametry finální montáže jsou uvedeny v tabulce 3.2.

Název podsystému	Čas montáže [min]
Rám formule	20
Motorový systém	38
Airbox systém	29
Výfukový systém	22
Palivový systém	35
Chladicí systém	32
Pohonný systém	47
System kola a brzdny systém	41
Pedálový systém	25
System řazení a řízení	59
System sedačky	21
Elektronický systém	51
Ostatní a speciální díly	35
Kapotáž, bočnice	50

Tab. 3.2: Parametry finální montáže [1]

4. Analýza montážní linky

Tato kapitola popisuje tvorbu montážního postupu formule SAE a stanovení taktu montážní linky, která má vyprodukovat 1000 formulí ročně. Při analýze se vycházelo z údajů poskytnutých týmem UWB Racing Team Pilsen.

4.1. Takt montážní linky

Při přechodu na nový typ formule byla na základě konzultace s týmem UWB Racing Team Pilsen oproti původnímu stavu linky provedena řada korekcí jak v časech montáže jednotlivých podsystémů na lince, tak i v rozdělení některých podsystémů na dva. Rozdělen byl systém řízení a řazení, systém kola a brzdový systém a kapotáž. Výrazně prodlouženy byly časy montáže motorového systému, výfukového systému, systémů řízení a řazení, brzdového systému a podvozku. Naopak zkrácen byl montážní čas systému sedačky a zcela odstraněn byl montážní čas rámu formule, který na montážní linku vstupuje již kompletní a ostatní systémy se na něj montují.

Celkový čas montáže byl upřesněn z původních 505 minut na 703 minut. Porovnání původních a korigovaných časů montáže je znázorněno v tabulce 4.1.

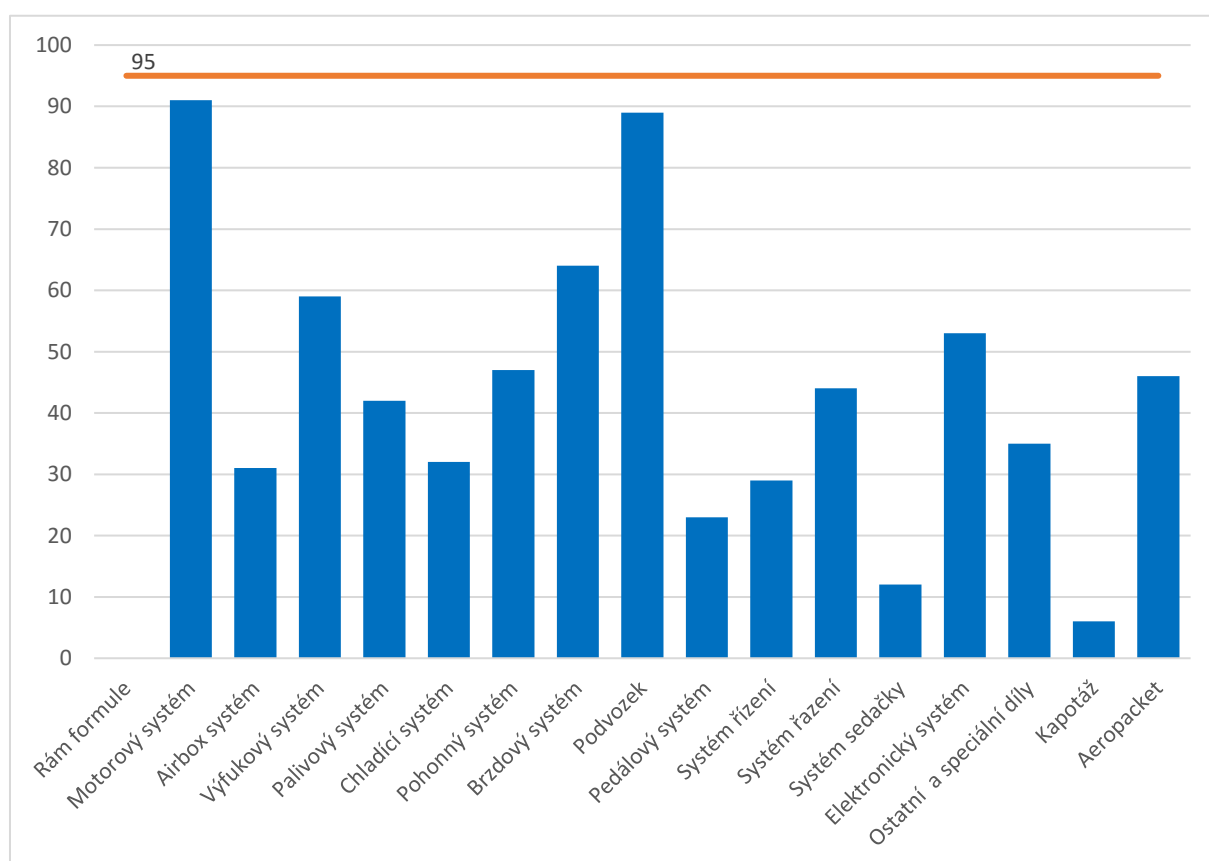
Název podsystému	Původní čas montáže [min]	Nový čas montáže [min]
Rám formule	20	0
Motorový systém	38	91
Airbox systém	29	31
Výfukový systém	22	59
Palivový systém	35	42
Chladicí systém	32	32
Pohonný systém	47	47
Brzdový systém	41	64
Podvozek		89
Pedálový systém	25	23
Systém řízení	59	29
Systém řazení		44
Systém sedačky	21	12
Elektronický systém	51	53
Ostatní a speciální díly	35	35
Kapotáž	50	6
Aeropacket		46
Celkový čas	505	703

Tab. 4.1: Původních a korigované parametry montáže [14]

Nyní je nutné určit takt montážní linky. Je zřejmé, že takt linky nemůže být vyšší, než je nejvyšší čas montáže ze všech podsystémů. Konkrétně se jedná o motorový systém, jehož čas

montáže je 91 minut. Dále určíme minimální takt linky, to znamená nejdelší čas, za který je možné montovat formule, aby byl naplněn roční objem výroby. Vycházet budeme ze skutečnosti, že linka musí vyprodukovat 1000 kusů kompletních formulí za rok. Uvažujeme, že počet pracovních dnů v roce je 250. Spočteme tedy, že denně je nutno vyrobit 4 kusy ($1000/250$). Předpokládáme, že provoz na lince je jednosměnný, pracovní směna trvá 8 hodin. Protože celá směna nebude vyplněna prací na lince, snižujeme dobu na 7 hodin. Minimální takt linky tedy vychází na 1,75 hodiny, což je 105 minut. Pro vytvoření časové rezervy čas snížíme na 95 minut.

Graf 4.1 znázorňuje montážní časy podsystémů a stanovený takt linky. Modré sloupce znázorňují montážní časy podsystémů, červená příčka značí takt linky. Je zřejmé, že pokud by montáž probíhala zvlášť na každém pracovišti, tak by mezi stanoveným taktem a časem montáže jednotlivých systémů byl značný rozdíl. Pracoviště je tedy potřeba sloučit tak, aby na jednom pracovišti probíhalo více operací zároveň a čas se co nejvíce přiblížil taktu linky. Aby bylo toto možné provést, je třeba znát montážní postup formule.



Graf 4.1: Časy montáže a takt linky

4.2. Montážní postup

Protože byl zvýšen počet podsystémů, je třeba vypracovat také nový postup montáže. Opět se vycházelo z údajů poskytnutých týmem UWB Racing Team Pilsen. U každého systému byl určen jeho vztah k ostatním systémům, tzn. zda je nutné montovat daný systém před, nebo po jiném systému:

- Rám formule: Jedná se o první systém postupu. Žádný jiný podsystém mu nepředchází a všechno ostatní se na něj montují.
- Motorový systém: Montuje se po rámu formule a nezávisle na brzdovém systému, podvozku a elektronickém systému. Všechny ostatní systémy je potřeba namontovat až po něm.
- Airbox systém: Montuje se po rámu formule, motorovém systému a elektronickém systému. Až po airboxu je možné namontovat pedálový systém, systém sedačky, kapotáž a aeropacket. Ostatní systémy na něm nezávisí.
- Výfukový systém: Při montáži mu předchází rám formule, motorový systém a elektronický systém. Systém sedačky, kapotáž a aeropacket je možné namontovat až po něm. Ostatní systémy na airboxu nezávisí.
- Palivový systém: Je třeba ho namontovat po rámu, motorovém systému a elektronickém systému. Systém sedačky, kapotáž a aeropacket musí být namontovány až po palivovém systému. Ostatní systémy je možné montovat před nebo po tomto systému.
- Chladicí systém: Tento systém se montuje rámu, motorovém systému a elektronickém systému. Následovat musí kapotáž a aeropacket.
- Pohonný systém: Předchází kapotáži a aeropacketu. Systém je montován po rámu, motorovém a elektronickém systému. Nezávisí na jiných systémech.
- Brzdový systém: Systém je montován po rámu formule, podvozku, pedálovém systému a elektronickém systému. Kapotáž a aeropacket se montují po systému. Na ostatních systémech nezávisí.
- Podvozek: Je montován po rámu, pedálovém systému, systému řízení a elektronickém systému. Brzdový systém, kapotáž a aeropacket musí být namontovány až po podvozku. Na jiných systémech nezávisí.
- Pedálový systém: Systému předchází rám formule, motorový systém, airbox systém a elektronický systém. Až po pedálovém systému je třeba namontovat brzdový systém, podvozek, kapotáž a aeropacket.
- Systém řízení: Systém je třeba namontovat po rámu, motorovém systému a elektronickém systému a před podvozkem, systémem řazení, kapotáží a aeropacketem. Nezávisí na ostatních systémech.
- Systém řazení: Montuje se po rámu, motorovém systému, systému řízení a elektronickém systému. Kapotáž a aeropacket se montují po něm.
- Systém sedačky: Po tomto systému následuje kapotáž a aeropacket. Předchází mu rám formule, motorový systém, airbox systém, výfukový systém, palivový systém a elektronický systém.
- Elektronický systém: Musí mu předcházet rám formule. Montuje se před nebo po motorovém systému. Všechny ostatní systémy jsou namontovány až po něm.
- Ostatní a speciální díly: Systém se montuje po rámu formule a motorovém systému, předchází kapotáži a aeropacketu. Všechny další systémy nezávisí na něm nezávisí.
- Kapotáž: Poslední podsystém montáže. Následuje po montáži všech ostatních systémů.

- Aeropacket: Po systému následuje kapotáž. Ostatní systémy aeropacketu předcházejí.

Na základě těchto podmínek byla vytvořena matice montážního postupu (Tab. 4.2), která znázorňuje vztahy mezi jednotlivými systémy. Jednička znamená, že podsystém v řádce musí být namontován před systémem v daném sloupci. Nula znamená že systémy nemají žádný vztah. Nuly se vyskytují jednak na úhlopříčce, kde se setkávají stejné systémy, a pak v případech, kdy nezáleží na tom, který systém bude namontován dříve a který později. Minus jedna označuje případ, kdy systém v řádce musí být namontován po systému z příslušného sloupce. Po vyplnění matice se provede součet bodů v každém řádku.

	Rám formule	Motorový systém	Airbox systém	Výfukový systém	Palivový systém	Chladicí systém	Pohonný systém	Brzdový systém	Podvozek	Pedálový systém	Systém řízení	Systém řazení	Systém sedačky	Elektronický systém	Ostatní a speciální díly	Kapotáž	Aeropacket	SUMA
Rám formule	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Motorový systém	-1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	11
Airbox systém	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	-1	0	1	1	1
Výfukový systém	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	0	1	1	0
Palivový systém	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	0	1	1	0
Chladicí systém	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	1	1	-1
Pohonný systém	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	1	1	-1
Brzdový systém	-1	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	-1	0	1	1	-2
Podvozek	-1	0	0	0	0	0	0	1	0	-1	-1	0	0	-1	0	1	1	-1
Pedálový systém	-1	-1	-1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	-1	0	1	1	0
Systém řízení	-1	-1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1
Systém řazení	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	-1	0	1	1	-2
Systém sedačky	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	1	1	-4
Elektronický systém	-1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	13
Ostatní a speciální díly	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Kapotáž	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-16
Aeropacket	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	-14

Tab. 4.2: Matice montážního postupu (plná velikost v příloze)

Díky tomu, že je jedničkou ohodnocen systém montovaný před jiným systémem, nejvyšší hodnotu součtu bude mít ten systém, který se montuje před největším počtem systémů. Bude tudíž první v montážním postupu. Naopak systém s nejnižším součtem se bude montovat naposledy. Pokud tedy seřadíme jednotlivé systémy podle sum jejich bodů od nejvyšší po nejnižší, dostaneme hrubý postup montáže formule, který je znázorněn v tabulce 4.3. Barevně zvýrazněné systémy mají stejnou hodnotu součtu, v montážním postupu se tedy nacházejí na stejné úrovni.

Pořadí	Název podsystému	Čas [min]
1	Rám formule	0
2	Elektronický systém	53
3	Motorový systém	91
4	Airbox systém	31
5	Systém řízení	29
6	Palivový systém	42
7	Pedálový systém	23
8	Výfukový systém	59
9	Podvozek	89
10	Chladicí systém	32
11	Pohonný systém	47
12	Brzdový systém	64
13	Systém řazení	44
14	Systém sedačky	12
15	Ostatní a speciální díly	35
16	Aeropacket	46
17	Kapotáž	6

Tab. 4.3: Montážní postup

5. Balancování montážní linky

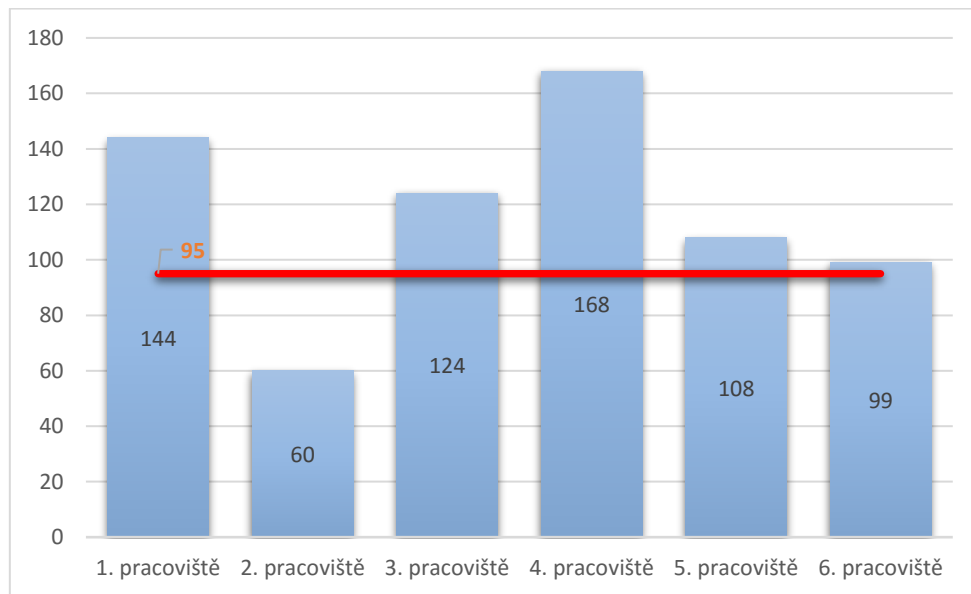
V této kapitole se zabývám rozdělením montážních operací mezi jednotlivá pracoviště tak, aby montážní linka dosáhla stanoveného taktu a zároveň nebyla v rozporu s montážním postupem.

5.1. Sloučení pracovišť

Nyní, když známe montážní postup, můžeme sloučit více podsystémů do jednoho pracoviště. Pod jedno pracoviště sloučíme primárně systémy, které měly v matici montážního postupu (tab. 4.2) stejné součty bodů, jak je zobrazeno v tabulce 5.1. Protože pracoviště byla sloučena v souladu s pracovním postupem, je zaručena správná technologická posloupnost montáže. Získáváme tak prvotní odhad linky. Jak je ovšem vidět na grafu 5.1, většina pracovišť nedosahuje stanoveného taktu linky. Tento odhad je tedy potřeba dále vybalancovat.

Pracoviště	Název podsystému	Čas po sloučení
1. pracoviště	Rám formule	144
	Elektronický systém	
	Motorový systém	
2. pracoviště	Airbox systém	60
	Systém řízení	
3. pracoviště	Palivový systém	124
	Pedálový systém	
	Výfukový systém	
4. pracoviště	Podvozek	168
	Chladicí systém	
	Pohonný systém	
5. pracoviště	Brzdový systém	108
	Systém řazení	
6. pracoviště	Systém sedačky	99
	Ostatní a speciální díly	
	Aeropacket	
	Kapotáž	

Tab. 5.1: Sloučená pracoviště



Graf 5.1: Sloučená pracoviště

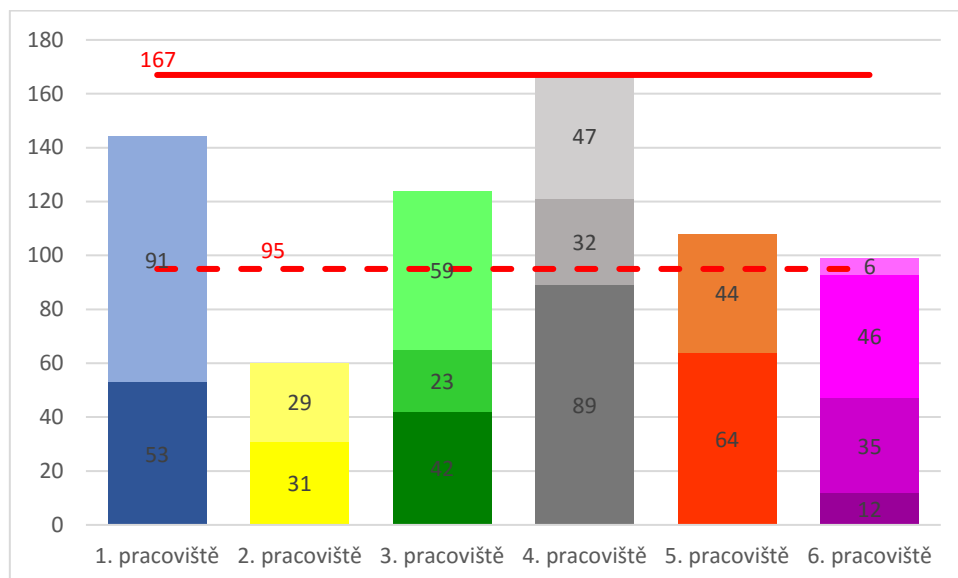
5.2. Proces balancování linky

Z grafu 5.1 lze vidět, že časy většiny pracovišť jsou příliš vysoké. Montáž bude tedy nutné rozdělit do vyššího počtu pracovišť. Tento počet dostaneme, podělíme-li celkový čas montáže stanoveným taktům linky.

$$P_{\min} = \frac{703}{95} = 7,4$$

Na základě výpočtu volíme 8 pracovišť.

Časy sloučených pracovišť z grafu 5.1 byly rozděleny na montážní časy jednotlivých systémů a zaneseny do grafu 5.2. Do grafů popisujících průběh balancování je pro porovnání zanesen plnou čarou aktuální maximální možný takt linky a přerušovanou čarou stanovený takt linky.

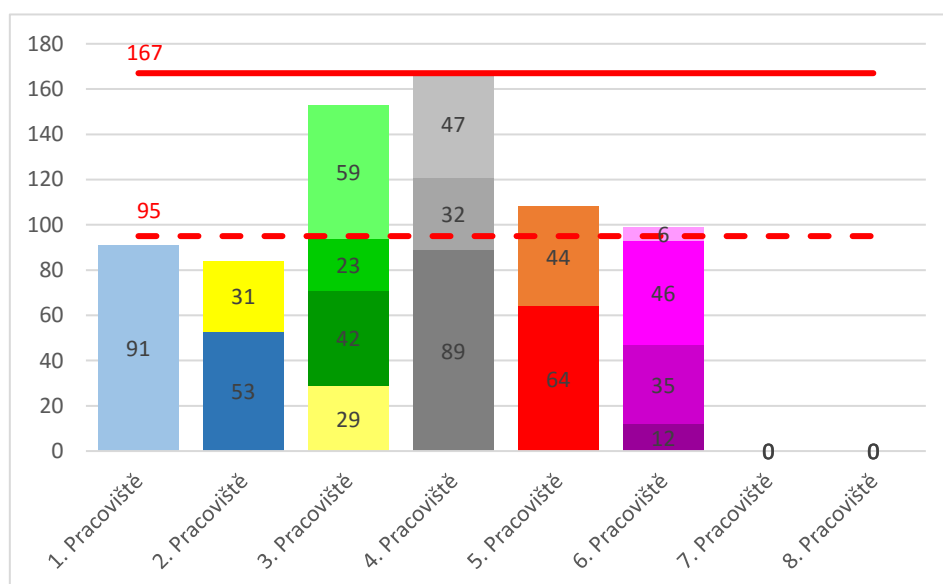


Graf 5.2: Stav linky před balancováním

Tyto časy je třeba přerozdělit do osmi pracovišť tak, aby čas každého pracoviště byl co nejbližší stanovenému taktu 95 minut. Při přesouvání montáží mezi pracovišti se však v žádném případě nesmí porušit podmínky z matice montážního postupu (tab. 4.2).

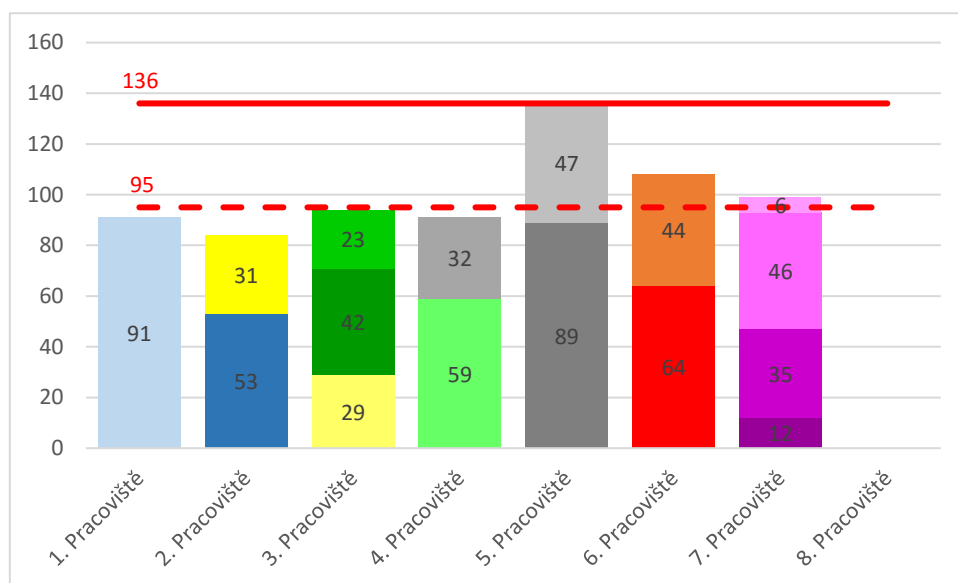
Z pohledu na časy montáže subsystémů je zjevné, že montážní časy motorového systému a podvozku jsou tak blízké taktu linky, že musejí být montovány na pracovištích samostatně bez sloučení s jiným systémem.

Montáž elektronického systému se tedy přesune na 2. pracoviště, kde ji doplní montáž systému airboxu. Montáž systému řízení je třeba přesunout na 3. pracoviště. Stav balancování je zobrazen na grafu 5.3.



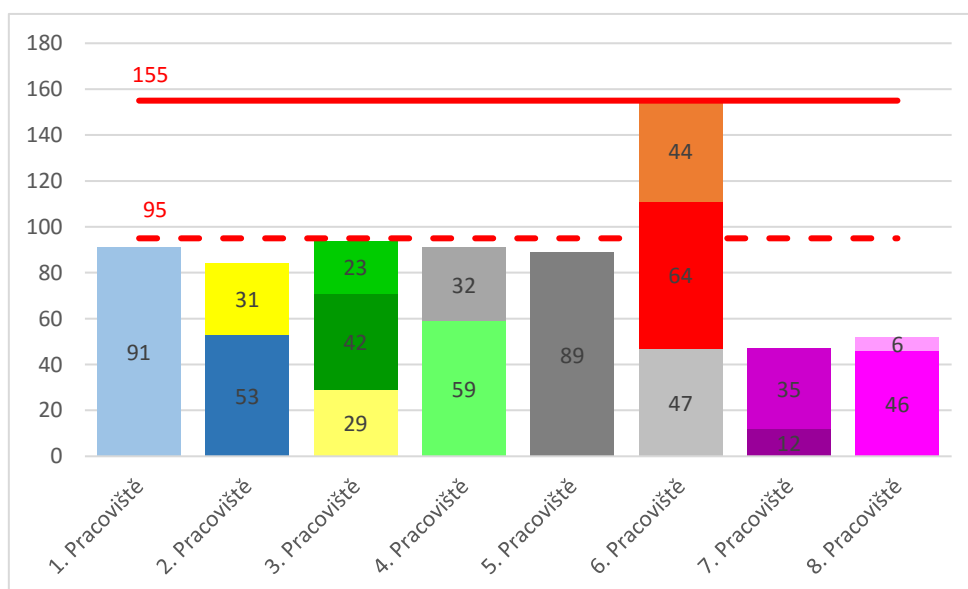
Graf 5.3: První krok balancování

Protože montáž systému podvozku se bude provádět samostatně na 5. pracovišti, chladicí systém se bude montovat před ním na 4. pracovišti. Palivový, pedálový a výfukový systém, které se montovaly na 3. pracovišti se nyní musí rozdělit mezi 3. a 4. pracoviště. Montáž pedálového a palivového systému zůstává na 3. pracovišti, zatímco montáž výfukového systému se přesouvá na 4. pracoviště. Při opačném postupu by 4 pracoviště dosáhlo příliš vysokého času 97 minut. Stav balancování po druhém kroku je zachycen na grafu 5.4.



Graf 5.4: Druhý krok balancování

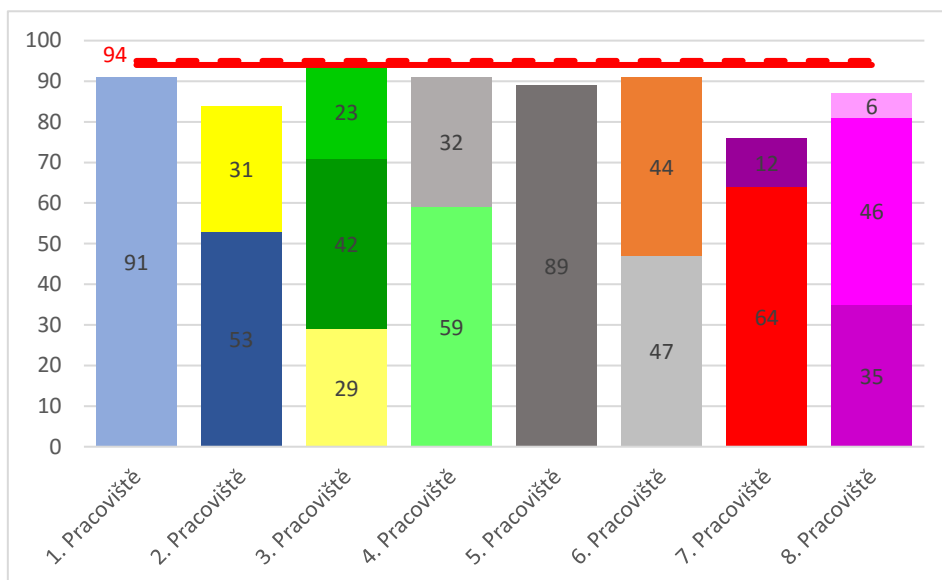
Ze systémů, které náležely k 4. pracovišti zůstává montáž pohonného systému. Ta se přesouvá na 6. pracoviště. Protože montáž aeropaketu a kapotáže musí probíhat až úplně na závěr, nezůstává jiná možnost, než aby pohonný systém na 6. pracovišti doplnil systém řazení. Stav jednotlivých pracovišť po třetím kroku balancování lze vidět na grafu 5.5.



Graf 5.5: Třetí krok balancování

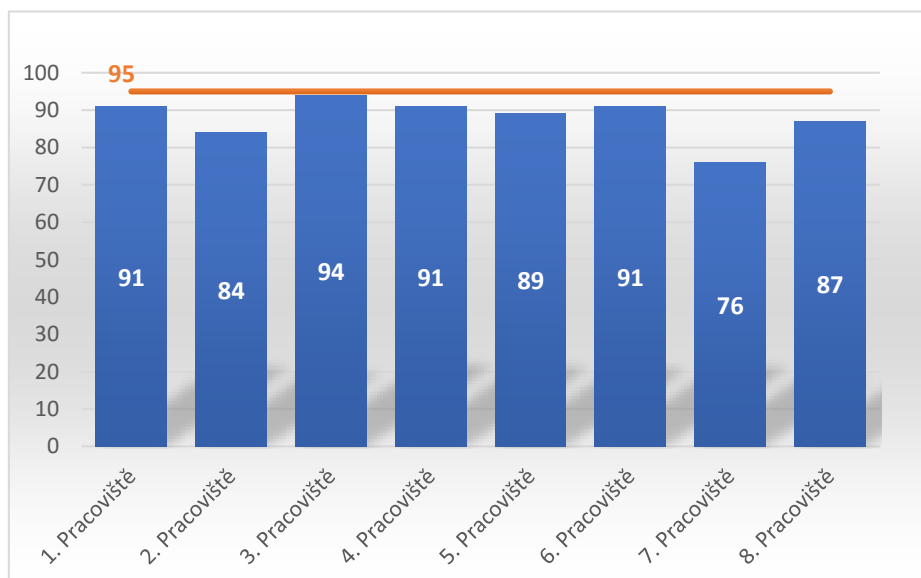
Na 7. pracoviště tedy zbývá montáž brzdového systému společně se systémem sedačky. Na 8. pracovišti bude probíhat montáž ostatních a speciálních dílů a zmiňovaného aeropaketu a kapotáže.

Výsledné uspořádání montáže podsystemů na osmi pracovištích montážní linky je zobrazeno na grafu 5.6. Aktuálním maximálním taktem jsme překročili stanovený takt linky. Montážní linku lze tedy považovat za vybalancovanou.



Graf 5.6: Stav linky po balancování

Naplnění stanoveného taktu linky celkovými časy montáže na jednotlivých sloučených pracovištích je možné vidět na grafu 5.7.



Graf 5.7: Sloučená pracoviště po balancování

Konečný postup montáže podsystémů sloučených na jednotlivá pracoviště tak, jak probíhá na lince je zanesen v tabulce 5.2.

Pracoviště	Podsystémy	Čas montáže
1. Pracoviště	Rám formule	91
	Motorový systém	
2. Pracoviště	Elektronický systém	84
	Airbox systém	
3. Pracoviště	Systém řízení	94
	Palivový systém	
	Pedálový systém	
4. Pracoviště	Výfukový systém	91
	Chladicí systém	
5. Pracoviště	Podvozek	89
6. Pracoviště	Pohonný systém	91
	Systém řazení	
7. Pracoviště	Brzdový systém	76
	Systém sedačky	
8. Pracoviště	Ostatní a speciální díly	87
	Aeropacket	
	Kapotáž	

Tab. 5.2: Parametry finální montáže

Dále bylo určeno vytížení jednotlivých podsystémů vzhledem k taktu linky před sloučením na jednotlivá pracoviště (tabulka 5.3). V tabulce 5.4 je zachyceno vytížení výsledných sloučených pracovišť vybalancované linky vzhledem k jejímu vypočtenému taktu.

Název podsystému	Čas montáže	Využití podsystému
Rám formule	0	0%
Elektronický systém	53	55,79%
Motorový systém	91	95,79%
Airbox systém	31	32,63%
Systém řízení	29	31%
Palivový systém	42	44,21%
Pedálový systém	23	24,21%
Výfukový systém	59	62,11%
Podvozek	89	94%
Chladicí systém	32	33,68%
Pohonný systém	47	49,47%
Brzdový systém	64	67,37%
Systém řazení	44	46,32%
Systém sedačky	12	12,63%
Ostatní a speciální díly	35	36,84%
Aeropacket	46	48,42%
Kapotáž	6	6,32%

Tab. 5.3: Vytížení podsystémů vzhledem k taktu

Pracoviště	Čas montáže	Vytížení pracoviště
1. Pracoviště	91	95,79%
2. Pracoviště	84	98,95%
3. Pracoviště	94	93,68%
4. Pracoviště	91	91,58%
5. Pracoviště	89	93,68%
6. Pracoviště	91	95,79%
7. Pracoviště	76	80,00%
8. Pracoviště	87	91,58%

Tab. 5.4: Vytížení pracovišť vzhledem k taktu

Aby byla montáž na vybalancované lince bezproblémová, je třeba činnosti, které na ní probíhají standardizovat.

6. Standardizace

Úlohou standardizace je zajistit, aby daná opakující se činnost probíhala pokaždé stejným způsobem, za stejný čas a se stejným výsledkem bez ohledu na to, kdo ji provádí. Standardizace nelze docílit u činnostech, které se neopakují či je nutné, aby probíhaly pokaždé individuálně. Na montážní lince je vhodné docílit standardizace pomocí návodů k montáži jednotlivých podsystémů.

Návodka je podrobný návod na vykonání nějakého pracovního úkonu, často pro názornost doplněnou obrázkovým postupem. Každý manuálně zručný dělník by měl být podle návodky schopen provést daný úkon bez dalších technických a jiných znalostí. Pomáhá tak snížit riziko toho, že dělník na něco zapomene, nebo neprovede správně.

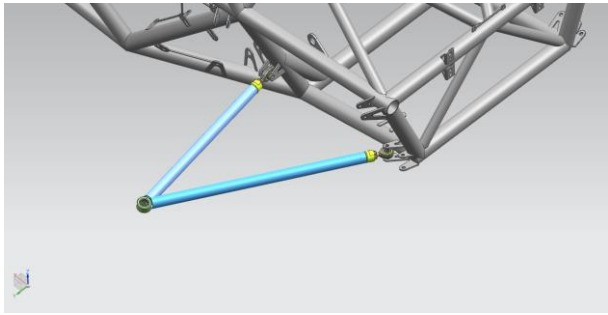
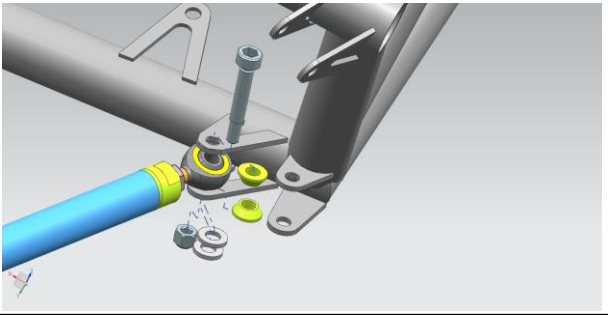
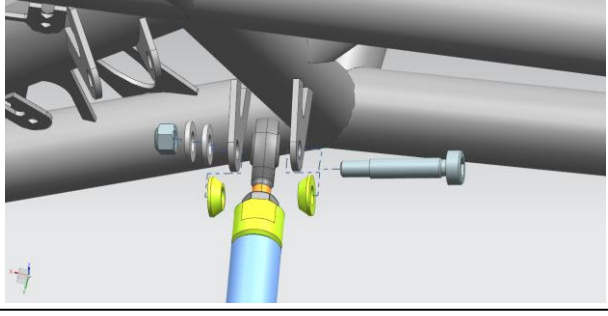
V rámci bakalářské práce bylo rozhodnuto vypracovat návodku k montáži zadního zavěšení formule SAE uvedenou v příloze. Zavěšení je systém, který se sestavuje pomocí šroubových spojů, není tedy nutné k sobě díly např. svařovat. Úchyty pro zavěšení jsou již navařeny na rámu. Jako vstupy slouží jednotlivé díly zavěšení jako ramena, tyče či tlumiče a spojovací materiál (šrouby, matice, podložky, ...). Montážní nářadí představuje elektrický rázový šroubovák a ploché stranové klíče.

Montáž levé strany zadního zavěšení byla rozdělena do osmi operací tak, aby tvořily ucelené logicky navazující úkony:

- Montáž spodního ramene
- Montáž horního ramene
- Montáž spojovací tyče
- Montáž stabilizátoru
- Montáž raménka zavěšení
- Montáž tlumiče
- Montáž těhlice
- Montáž tlačné tyče.

To zajišťuje snadnou srozumitelnost a zamezuje chybám, které by mohly vzniknout, kdyby operace byly příliš složité. Pro montáž kompletního zadního zavěšení je nutno operace zopakovat i na pravé straně rámu, s výjimkou montáže stabilizátoru, který je již nainstalován a spojuje obě poloviny nápravy.

Pro tyto operace byla vytvořena návodka. Jedna operace návodky je zachycena na obrázku 6.1. Ukázka obsahuje návod k montáži spodního ramene zavěšení. Během této operace pracovník umístí rameno do předepsaných držáků na rámu. Mezi pravý držák a rameno vloží dvě pryžové vložky, za každé strany ramena jednu. Otvorem skrz držák a rameno prostrčí šroub M5x25. Z druhé strany navleče na šroub podložky a lehce zajistí matkou. Nakonec přidrží matku na místě pomocí stranového klíče a elektrickým rázovým šroubovákem dotáhne šroub. Stejným způsobem provede montáž i na levém držáku.

Číslo	Operace	Popis operace	Obrázky	Materiál
1	Montáž spodního ramene	1. Umístit spodní rameno k navařeným držákům na rámu		
		2. Upevnit rameno v pravém držáku		Šroub M5x25 Matice M5 2 x podložka 2x pryžová vložka
		3. Upevnit rameno v levém držáku		Šroub M5x25 Matice M5 2 x podložka 2x pryžová vložka

Obr. 6.1: Ukázka návodky (kompletní v příloze)

Návodka obsahuje 6 sloupců. První obsahuje číslo operace, druhý potom její název. Třetí sloupec popisuje průběh dané operace, tedy kroky, které je potřeba provést pro její řádný průběh. Obsahem kroků je umístění dílu na správné místo na rámu formule a je připevnění předepsaným spojovacím materiálem. Popis operace je doplněn jedním nebo více obrázky, pokud jsou nutné pro snadné pochopení montáže. Doprovodné obrázky byly vypracovány pomocí 3D modelů zavěšení. U spojovacího materiálu jsou doplněny vodící čáry označující přesné místo pro např. matku či podložku. Pokud je během operace potřeba použít spojovací materiál, je uveden v posledním sloupci.

Pomocí takto připravené návodky může každý zručný dělník provést montáž zadního zavěšení formule stejně kvalitně bez předchozího školení či technických znalostí.

Závěr

Tématem práce byla racionalizace montážní linky. V teoretické části bakalářské práce jsem se proto zabýval úvodem do problematiky štihlé výroby a metod průmyslového inženýrství. Dále jsem zpracovával teoretický postup projektování montážní linky.

V praktické části bakalářské práce jsem prováděl samotnou racionalizaci montážní linky formule SAE týmu UWB Racing Team Pilsen. Určil jsem takt montážní linky, který zajistí naplnění plánovaného ročního objemu produkce. Na základě informací od týmu jsem sestavil nový postup montáže. Následně jsem provedl balancování v jednotlivých krocích. Rozložil jsem pracovní úkony na jednotlivá pracoviště tak, aby bylo dosaženo co nejbližšího času práce na pracovištích ke stanovenému taktu linky. Díky tomu je plněna plánovaná produkce a je splněn předpoklad štihlé výroby, a to tok jednoho kusu. Na závěr jsem provedl standardizaci práce na lince formou návodky k montáži zadního zavěšení kola formule. Jasný postup montáže umožňuje rychlejší osvojení pracovních úkonů a dodržování času montáže pracovníky.

Použité zdroje

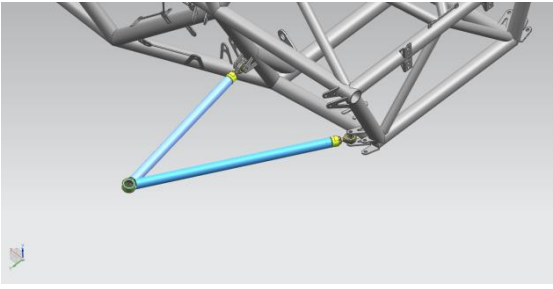
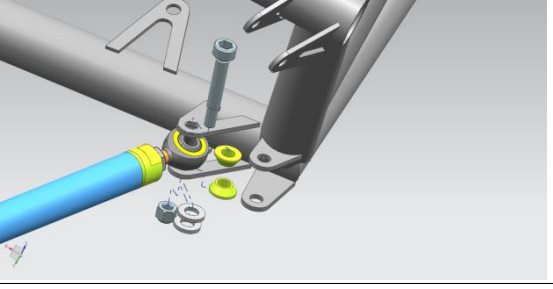
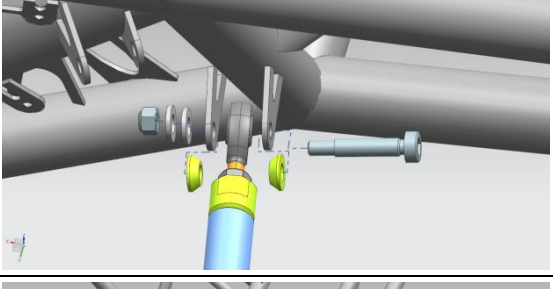
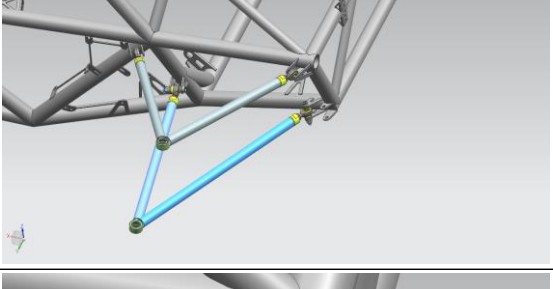
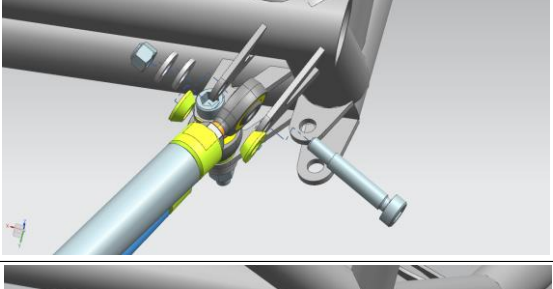
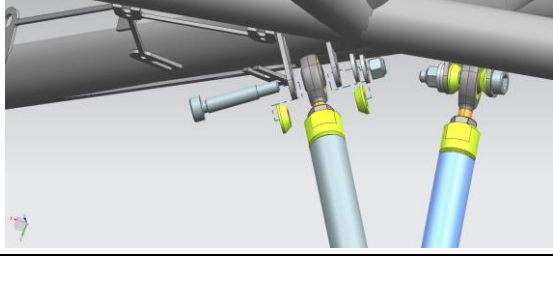
- [1] EDL, M., KUDRNA, J.: Metody průmyslového inženýrství, e book. Plzeň: SmartMotion, 2013. ISBN 978-80-87539-40-8
- [2] Štíhlý podnik. Svět produktivity [online]. 2012 [cit. 2016-12-07]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/clanek/metodika-stihly-podnik.htm/>
- [3] What is Lean. Lean Enterprise Institute [online]. [cit. 2016-12-07]. Dostupné z: <http://www.lean.org/WhatsLean/>
- [4] ŠTÍHLÁ VÝROBA - LEAN PRODUCTION. SyNext [online]. 2008 [cit. 2016-12-07]. Dostupné z: <http://www.synext.cz/stihla-vyroba-lean-production.html>
- [5] ŠIMON, Michal. Průmyslové inženýrství [online]. Plzeň: Západočeská univerzita, 2007 [cit. 2016-12-07]. ISBN 978-80-7043-619-6. Dostupné z: <http://athena.zcu.cz/bures/pi/>
- [6] IMAI, M.: Kaizen metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku. Brno, Computer press 2004, ISBN 978-80-251-1621-0
- [7] KOLEČKÁŘ, Jan. Návrh nového systému balancování montážních linek dveřních pohonů kolejových vozidel. Brno, 2014. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně - Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Roman KUBÍK, Ph.D.
- [8] KOŠTURIÁK, J., FROLÍK, Z. a kolektiv.: Štíhlý a inovativní podnik. Praha: Alfa Publishing, s. r. o., 2006. ISBN: 80-86851-38-9.
- [9] Svět produktivity [online]. 2012 [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz>
- [10] MAREK, Miroslav. Nadvýroba. Svět produktivity [online]. 2012 [cit. 2016-12-11]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/clanek/Methodika-Nadvyroba.htm>
- [11] KRÁTKÝ, Lukáš. Návrh konceptu montážní linky pro montáž vodních ventilů systému termoregulace motoru. Brno, 2014. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Roman Kubík, Ph.D.
- [12] SCHINDLEROVÁ, Vladimíra. Týmová cvičení předmětu projektování výrobních procesů [online]. Ostrava, 2011 [cit. 2016-12-13]. Dostupné z: <http://projekty.fs.vsb.cz/147/ucebniopory/978-80-248-2779-7.pdf>
- [13] KOŠTURIÁK, J., GREGOR, M.: Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie. Žilina: Žilinská univerzita, 2000. ISBN 80-710-0553-3
- [14] ZOUBEK, Michal. Prostorové uspořádání pro nový výrobní program. Plzeň, 2016. Diplomová práce. ZČU FST. Vedoucí práce Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.

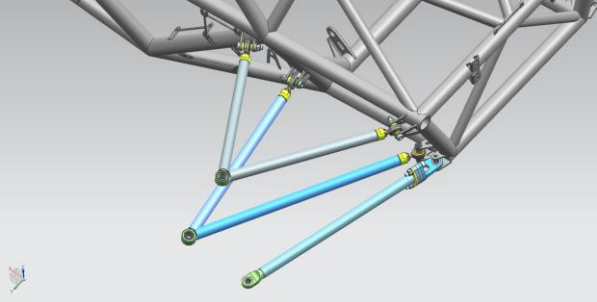
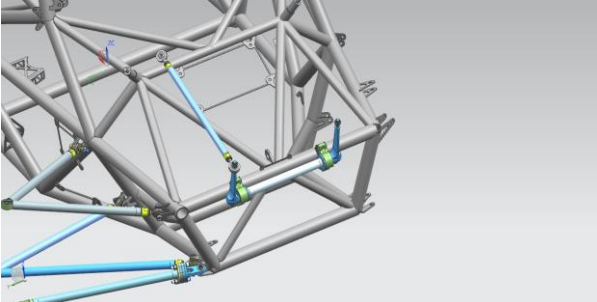
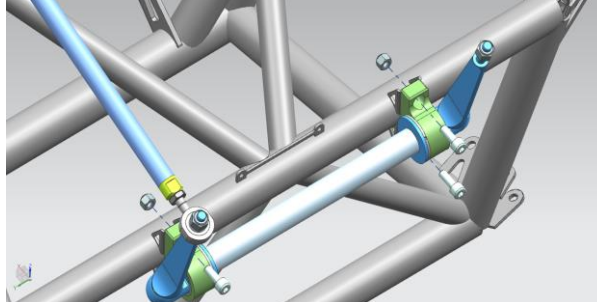
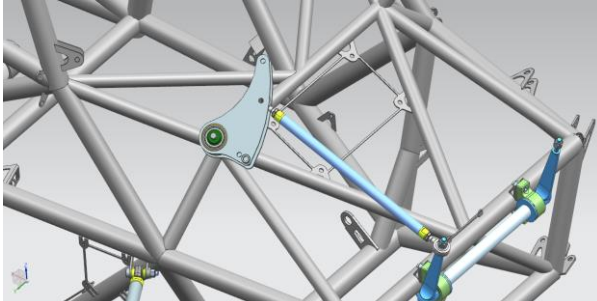
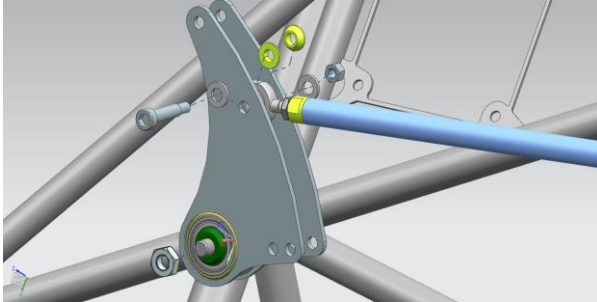
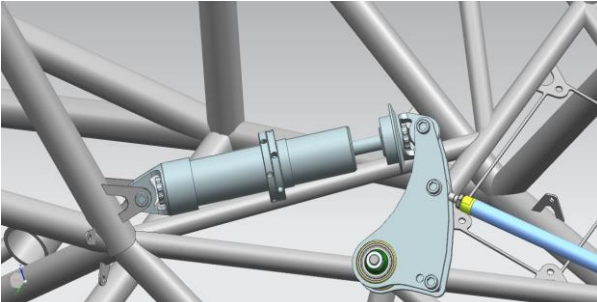
Přílohy

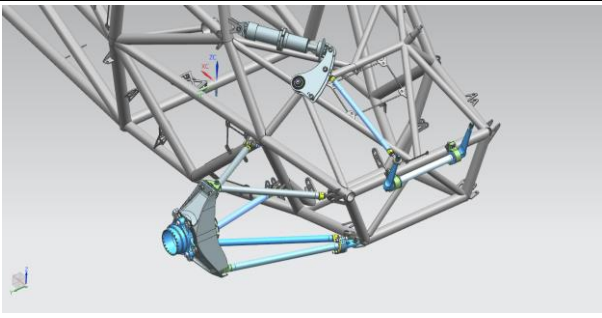
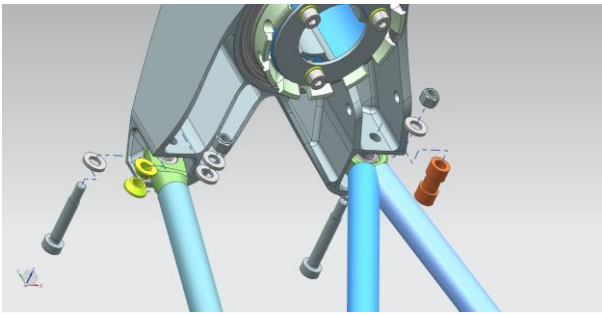
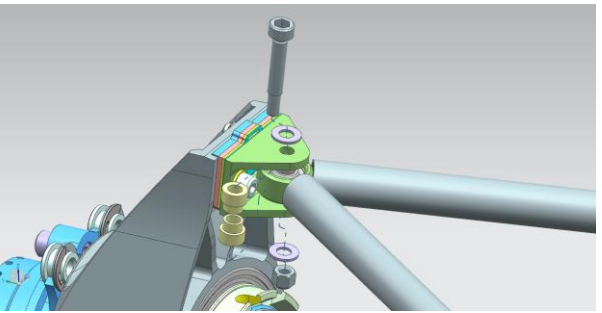
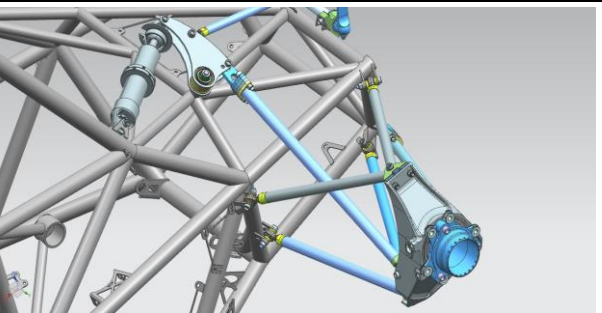
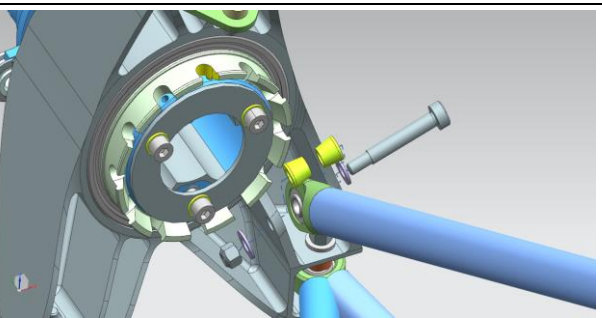
Příloha č. 1: Matice montážního postupu

Příloha č. 2: Návodka montáže zadního zavěšení

Příloha č. 2: Návodka montáže zadního zavěšení

Číslo	Operace	Popis operace	Obrázky	Materiál
1	Montáž spodního ramene	1. Umístit spodní rameno k navařeným držákům na rámu		
		2. Upevnit rameno v pravém držáku		Šroub M5x25 Matiče M5 2 x podložka 2x pryžová vložka
		3. Upevnit rameno v levém držáku		Šroub M5x25 Matiče M5 2 x podložka 2x pryžová vložka
2	Montáž horního ramene	1. Umístit horní rameno k navařeným držákům na rámu		
		2. Upevnit rameno v pravém držáku		Šroub M5x25 Matiče M5 2 x podložka 2x pryžová vložka
		3. Upevnit rameno v levém držáku		Šroub M5x25 Matiče M5 2 x podložka 2x pryžová vložka

3	Montáž spojovací tyče	<ol style="list-style-type: none"> 1. Umístit tyč k držáku 2. Upevnit tyč 		<p>Šroub M5x25 Matice M5 2 x podložka 2x pryžová vložka</p>
4	Montáž stabilizátoru	<ol style="list-style-type: none"> 1. Umístit stabilizátor k držákům 		
		<ol style="list-style-type: none"> 2. Upevnit stabilizátor 		<p>4 x Šroub M5x14 4 x Matice M5</p>
5	Montáž raménka zavěšení	<ol style="list-style-type: none"> 1. Umístit raménko na držák 		
		<ol style="list-style-type: none"> 2. Upevnit raménko 		<p>Matice M8 Šroub M5x25 Matice M5 2 x podložka 2x pryžová vložka</p>
6	Montáž tlumiče	<ol style="list-style-type: none"> 1. Umístit tlumič 2. Upevnit tlumič 		<p>2 x Šroub M5x25 2 x Matice M5 4 x podložka 4 x pryžová vložka</p>

7	Montáž těhlice	1. Umístit těhlici na připravená ramena		
		2. Upevnit těhlici k spodnímu ramenu 3. Upevnit těhlici k spojovací tyči		2 x Šroub M5x25 2 x Matice M5 4 x podložka 4 x pryžová vložka
		4. Upevnit těhlici k hornímu ramenu		Šroub M5x25 Matice M5 2 x podložka 2x pryžová vložka
8	Montáž tlačné tyče	1. Umístit tlačnou tyč mezi těhlici a raménko		
		2. Upevnit tyč k těhlici a k raménku		2 x Šroub M5x25 2 x Matice M5 4 x podložka 4 x pryžová vložka
9	Montáž pravé strany zavěšení	Operace 1 - 8 zopakovat na pravé straně kromě operace 4 (montáž stabilizátoru)		