

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

Optimalizace montážního procesu podvozkového komponentu

The Optimization of the Assembly Process of the Suspension Component

Student:

Jan Večeřa

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Markéta Gregušová, Ph.D.

Ostrava 2014

Zadání bakalářské práce

Student: **Jan Večeřa**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2301R040 Průmyslové inženýrství
Téma: **Optimalizace montážního procesu podvozkového komponentu**
The Optimization of the Assembly Process of the Suspension Component

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika řešené problematiky.
2. Analýza současného stavu na montážní lince z hlediska času, pracovních sil a nákladů.
3. Posouzení situace a specifikace vzniklých problémů.
4. Provedení průzkumu ve stanovených oblastech, návrh varianty řešení.
5. Zhodnocení navrženého řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- ŠPAČEK, J. a kol. *Optimalizace materiálového zajištění výrobní sféry* 1. vydání. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1988. 90 s.
- BASL, J.; MAJER, P.; ŠMÍRA, M. *Teorie omezení v podnikové praxi – Zvyšování výkonnosti podniku nástroji TOC* 1. vydání. Praha: Grada Publishing a.s., 2003. 216 s. ISBN 80-247-0613-X
- HLAVENKA, B. *Projektování výrobních systémů – Technologické projekty 1* 3. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, 2005. 197 s. ISBN 80-214-2871-6
- HÁDEK, L. *Organizace a řízení výroby II* Ostrava: Vysoká škola podnikání, a.s., 2006. 70 s. ISBN 80-86764-37-0.
- KOŠTURIÁK, J.; FROLÍK, Z. *Štíhlý a inovativní podnik* 1. vydání. Praha: Alfa Publishing, 2006. 240 s. ISBN 80-86851-38-9.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Markéta Gregušová, Ph.D.**

Konzultant bakalářské práce: Ing. Viktor Uhlář, Ph.D.

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014




Ing. Petr Mohyla, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucí bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 13. 5. 2014

.....
.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucí bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do její skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své 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 předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne:13.5.2014.....

..........

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Jan Večeřa

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Václavovická 828, Šenov 739 34

Poděkování

Tato práce byla řešena v rámci projektu ESF OPVK „Vytváření nových sítí a posílení vzájemné spolupráce v oblasti inovativního strojírenství“, reg. č. CZ.1.07/2.4.00/31.0170. Chtěl bych tímto poděkovat vedoucí práce Ing. Markétě Gregušové Ph.D. za poskytnuté cenné rady a také společnosti Brembo Czech s.r.o., jmenovitě Ing. Viktoru Uhlářovi Ph.D. za ochotu a vstřícnost při poskytování potřebných informací a za pomoc při řešení této bakalářské práce.

Jan Večeřa

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VEČEŘA, J. *Optimalizace montážního procesu podvozkového komponentu: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2014, 43s. Vedoucí práce: Gregušová, M.

Bakalářská práce byla vypracována ve společnosti Brembo Czech s.r.o. a je zaměřena na optimalizaci jednoho z výrobních procesů, konkrétně jde o montážní linku podvozkového komponentu (těhlice) do automobilového průmyslu. Úvodem je shrnuta teorie potřebná ke studiu této problematiky. Na základě této teorie je následně v praktické části analyzována situace zmíněné montážní linky v podniku, jsou zde specifikována slabá místa, navržené možné řešení, aplikace tohoto řešení, porovnání předchozí a nové situace, a konečné zhodnocení.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

VEČEŘA, J. *The Optimization of the Assembly Process of the Suspension Component: bachelor's thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2014, 43 p. Thesis head: Gregušová, M.

The Bachelor's thesis was done in corporation with company Brembo Czech s.r.o. and is focused on optimizing one of the processes, namely the assembly line of suspension component (knuckle) for automotive industry. As a preliminary point is summarized theory needed for study of these issues. Based on this theory is then analyzed situation on the mentioned assembly line in company, specified weak points, proposed possible solution, application of this option, comparison previous and new situation and final evaluation.

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů.....	8
Úvod.....	10
TEORETICKÁ ČÁST	11
1 Charakteristika řešené problematiky	11
1.1. Výrobní proces	11
1.2. Optimalizace	12
1.3. Racionalizace	12
1.4. Spotřeby času	16
1.4.1 Rozdělení časů směny	16
1.4.2 Normovatelný čas (T_N)	16
1.4.3 Nenormovatelný čas (T_Z)	17
1.5 Hmotné toky.....	19
1.5.1 Sankeyův diagram	19
1.5.2 Spaghetti diagram	20
PRAKTICKÁ ČÁST	21
2 Charakteristika podniku Brembo Czech s.r.o.	21
2.1 Popis produktu	23
2.2 Montážní proces podvozkového komponentu	24
3 Analýza současné situace	26
3.1 Analýza layoutu	26
3.2 Analýza hmotného toku	27
3.3 Montážní časy a využití operátorů	28
3.3.1 Spaghetti diagram	28
3.3.2 Montážní časy přední těhlice.....	30
3.3.3 Montážní časy zadní těhlice.....	33
3.4 Stanovení slabých míst.....	35
4 Návrh zlepšení	37
4.2 Návrh změny layoutu	37
4.3 Nové montážní časy přední těhlice	38
5 Závěr	41
Seznam použité literatury	42
Seznam obrázků a tabulek	43

Seznam použitých zkratk a symbolů

BMW	Automobilka BMW (Bayerische Motoren Werke)	
F1	Formule 1	
GM	Automobilka GM (General Motors)	
PDCA	Plánuj – Udělej – Zkontroluj – Jednej (Plan – Do – Check – Act)	
S.p.A.	Akciová společnost (Società per Azioni)	
5S	Metoda 5S – Rozděli, Seřídí, Uspořádej, Zdokumentuj, Dodržuj (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke)	
S_k	Vytížení operátora kontrolní stanice	[%]
S_{m1}	Vytížení operátora montážní linky přední těhlice	[%]
S_{m2}	Vytížení operátora montážní linky zadní těhlice	[min]
T	Čas směny	[min]
TC_k	Čas cyklu kontrolní stanice	[min]
TC_{m1}	Čas cyklu montážní linky přední těhlice	[min]
TC_{m2}	Čas cyklu montážní linky zadní těhlice	[min]
TOP	Čas operace	[min]
TO1	Čas práce operátora (s vlivem na čas cyklu)	[min]
TO2	Čas práce operátora (bez vlivu na čas cyklu)	[min]
TS	Čas stroje	[min]
t_D	Čas osobních ztrát	[min]
t_E	Čas technicko-organizačních ztrát	[min]
t_F	Čas ztrát z vyšší moci	[min]
T_N	Normovatelný čas	[min]
T_Z	Ztrátový čas	[min]
t_{A1}	Čas jednotkové práce	[min]
t_{A2}	Čas jednotkových obecně nutných přestávek	[min]
t_{A3}	Čas jednotkových podmíněčně nutných přestávek	[min]
t_{B1}	Čas dávkové práce	[min]

t_{B2}	Čas dávkových obecně nutných přestávek	[min]
t_{B3}	Čas dávkových podmíněčně nutných přestávek	[min]
t_{C1}	Čas směnové práce	[min]
t_{C2}	Čas směnových obecně nutných přestávek	[min]
t_{C3}	Čas směnových podmíněčně nutných přestávek	[min]
t_1	Čas práce	[min]
t_2	Čas obecně nutných přestávek	[min]
t_3	Čas podmíněčně nutných přestávek	[min]

Úvod

Pokud se má v dnešní době podnik udržet na trhu kdekoliv ve světě, zachovat si konkurenceschopnost a k tomu vykazovat přijatelné zisky, musí být schopen dynamicky reagovat na situace, ke kterým ve světě dochází. Ať už jde o problematické období celosvětové krize, stále častější přírodní katastrofy, nebo třeba velmi důležitý pokrok techniky a technologií, které jdou kupředu mílovými kroky.

Pro každý podnik je klíčové sledování nových technik a technologií. Držet krok s novými trendy znamená velkou výhodu z hlediska konkurenceschopnosti, protože podnikům umožní spořit drahocenný čas a hlavně finance. A nemusí se nezbytně jednat jen o nové stroje a technické vybavení s poměrně vysokou pořizovací cenou. Stále větší pozornost je věnována poměrně jednoduchým organizačním metodám, které se dostávají převážně z Japonska a USA do celého světa a při správné aplikaci jsou schopny výrazně zvýšit efektivitu procesů. Spaghetti diagramy, správně nastavené normy spotřeby času, Metoda 5S, Six sigma, POKA-YOKE a mnoho dalších napomáhají k racionalizaci procesů, minimalizaci ztrát a dosažení nejlepších možných výsledků.

Snad největší zájem o tyto metody je v automobilovém průmyslu, který je v České Republice stále na vzestupu a neustále se rozvíjí. Zároveň také podléhá velkému tlaku na nejvyšší možnou kvalitu za nejnižší možnou cenu. Tato bakalářská práce je vypracována ve společnosti s názvem Brembo Czech s.r.o., která se specializuje na výrobu komponentů využívaných v automobilovém průmyslu. Mateřská společnost Brembo S.p.A. kromě České Republiky působí v dalších jedenácti státech po celém světě a je předním dodavatelem brzdových a podvozkových komponentů do mnoha automobilek.

Předmětem této bakalářské práce je analýza a následné zefektivnění jedné z montážních linek v tomto podniku s cílem dosáhnout úspory pracovní síly a s tím spojených výrobních nákladů.

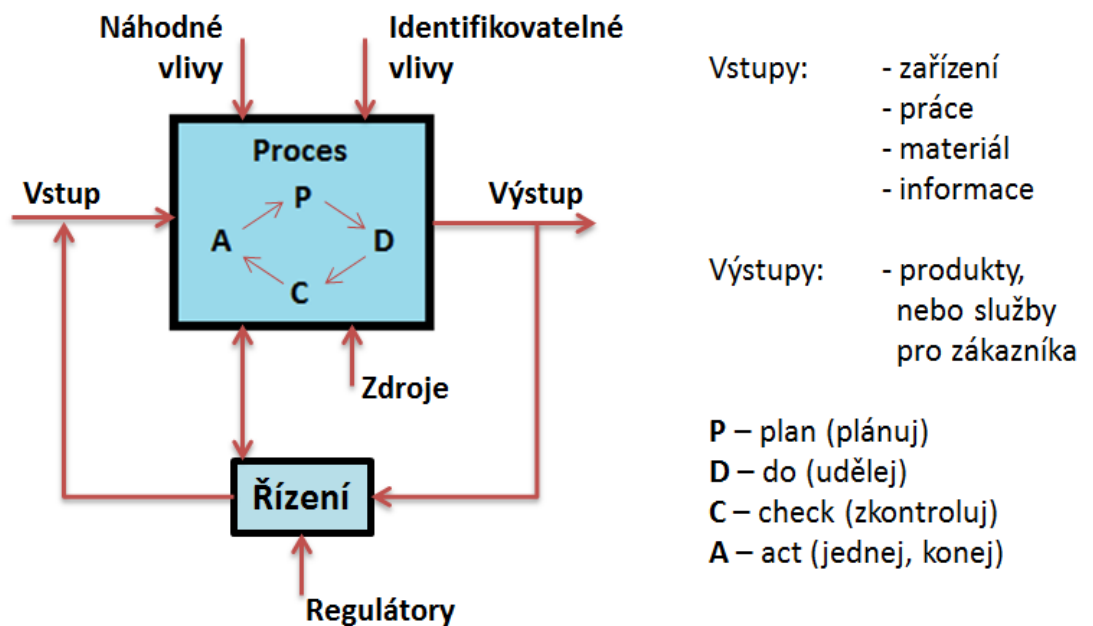
TEORETICKÁ ČÁST

1 Charakteristika řešené problematiky

První kapitola je zaměřena na obecnou teorii týkající se řešené problematiky. Jsou zde uvedeny základní pojmy popisující výrobní proces, optimalizaci, racionalizaci výrobních procesů a hmotných toků.

1.1. Výrobní proces

Základní činností každého podniku je výroba. Výrobou se rozumí spojení několika výrobních faktorů, kterými jsou: kapitál, práce a půda. Výstupem tohoto spojení je získání výrobku, popřípadě služeb. Zahrnují se zde veškeré činnosti, které podnik zařizuje. Mezi tyto činnosti patří například pořízení výrobních faktorů (investiční činnost), pracovníků (personální činnost) a financí (finanční činnost). Pak také samotné zhotovení výrobků, jejich skladování, kontrola a distribuce (viz Obrázek 1).



Obrázek 1 Výrobní proces [1]

Nejvýznamnější činností je činnost výrobní – tedy výrobní proces, při kterém dochází k přeměně materiálů, či surovin na výsledný produkt probíhající od prvotního vstupu materiálu do výrobního zařízení až po konečnou expedici produktu bez ohledu na to, zdali je tento produkt v rámci podniku konečný, nebo dále zpracováván. Cílem takového procesu jsou produkty, nebo služby, které budou mít uplatnění na trhu a budou generovat

odpovídající zisky. Z toho důvodu je důležité snažit se maximalizovat efektivitu těchto procesů. [1]

1.2. Optimalizace

Na optimalizaci můžeme nahlížet z několika různých úhlů. Vyskytuje se v mnoha oborech a v každém z nich ji lze definovat trochu jinak. Například v matematice je optimalizace snaha nalezení hodnot proměnných, při kterých nabývá funkce minimální, nebo maximální hodnoty. V oblasti informatiky se pak optimalizací rozumí nějaký druh ladění, nebo upravování aplikace tak, aby splňovala určité normy, či fungovala na všech požadovaných zařízeních. V každém případě se však jinými slovy dostaneme k velmi obecné definici, že jde o proces, při kterém se snažíme nalézt, nebo dostat „to nejlepší“ pomocí racionalizačních metod. [2]

1.3. Racionalizace

Podstatou racionalizace je neustálé zlepšování výrobního procesu. Výrobní proces by se měl uskutečňovat na stále vyšších úrovních technologie, techniky, organizace práce, výroby i řízení.

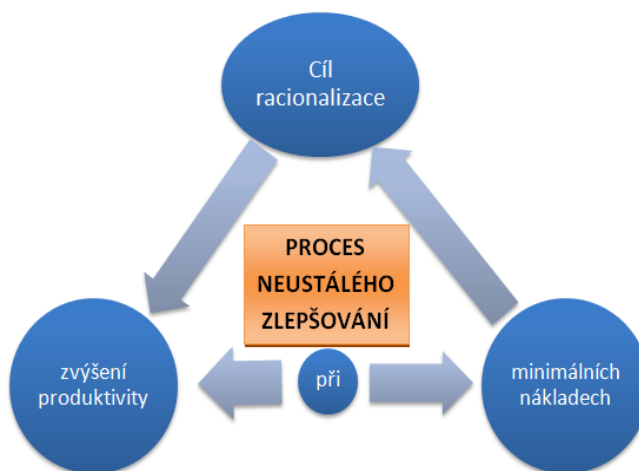
Obecně řečeno je racionalizace rozumové vládnutí pracovnímu úseku. Základním předpokladem je vyloučit zbytečné ztráty a využít dostupné rezervy. Zároveň s tím směřuje k užití nových technických a organizačních prvků.

V pracovní oblasti se racionalizací rozumí také vytvoření vhodných pracovních podmínek, při kterých zaměstnanci mohou pracovat s vysokým výkonem a zároveň mohou šetřit svou pracovní sílu.

Ve všech případech je racionalizace podložena ekonomickou kalkulací a v ideálním případě racionalizací dosáhneme vysoké rentability a hospodárnosti.

Velmi významné oblasti racionalizace jsou produktivita fungování základních výrobních fondů a materiálové hospodaření a pohyb materiálu. Racionalizace produktivního fungování základních výrobních fondů se zabývá přípravou práce, přísunem a odsunem zařízení, obsluhou a údržbou strojů, staveb a budov. Racionalizace materiálového hospodaření a pohybu materiálu se už podle názvu zabývá právě pohybem materiálu, se kterými jsou spojeny nemalé náklady. Proto je tedy prioritou minimalizovat zbytečný transport po pracovištích, maximalizovat plynulost a posloupnost operací.

Za klíčový cíl racionalizace se považuje dosažení co nejvyšší produktivity pomocí minimálních investic (viz Obrázek 2).



Obrázek 2 Cíl racionalizace [2]

Nástroje racionalizace

- Technologičnost konstrukce
- Uspořádání pracovišť
- Ergonomie pracoviště
- Optimalizace provádění pracovních operací
- Technické úpravy pracovišť

Postup racionalizace

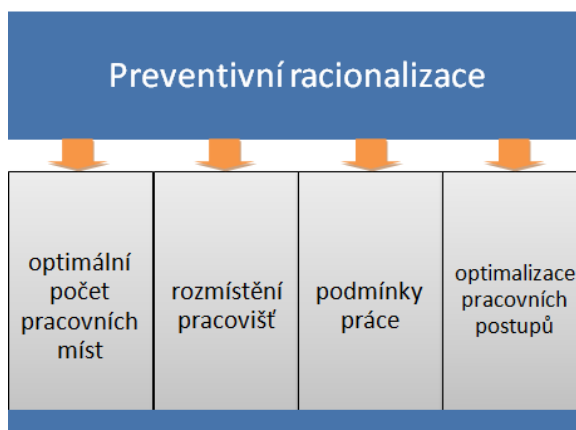
1. Analýza pracovního systému
2. Posouzení současného pracovního systému
3. Návrh racionalizačních opatření
4. Realizace racionalizačního opatření
5. Výsledné zhodnocení

Racionalizaci práce můžeme dělit podle jejího účelu na preventivní a korektivní. Základní rozdíl je v tom, kdy začneme aplikovat racionalizační metody.

Preventivní racionalizace

Tato racionalizace se zaměřuje na situaci před samotnou realizací projektu. Hlavním úkolem je zkoumat a posoudit projektové dokumentace. Konkrétně jde o upřesnění počtu pracovních míst, umístění pracovišť ve výrobních halách, příprava a optimalizace

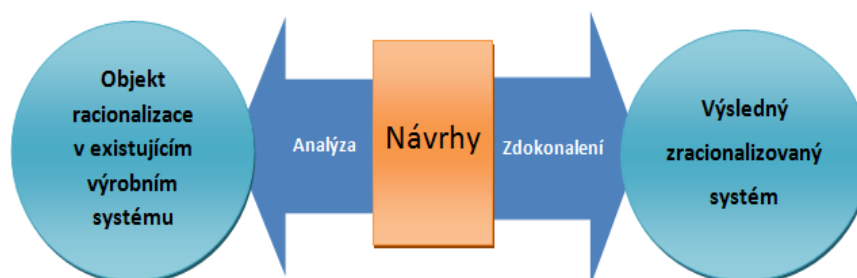
pracovních postupů, pracovní podmínky apod. Níže na Obrázku 3 je grafické znázornění preventivní racionalizace.



Obrázek 3 Preventivní racionalizace [3]

Korektivní racionalizace

Oproti preventivní racionalizaci se korektivní racionalizace zaměřuje na již zavedené procesy, takže je nutné pracovat s dostupným vybavením při dané technologii procesu. V tomto případě se analyzuje a hledá lepší řešení v uspořádání pracovišť a změny jsou spíše menšího rozsahu. Hlavními předměty bývá změna počtu pracovníků, změna v uspořádání pracovišť, zásahy do materiálových toků, pracovních postupů, nebo norem spotřeby práce. Na Obrázku 4 je znázorněna korektivní racionalizace.



Obrázek 4 Korektivní racionalizace [4]

Přístupy k racionalizaci práce

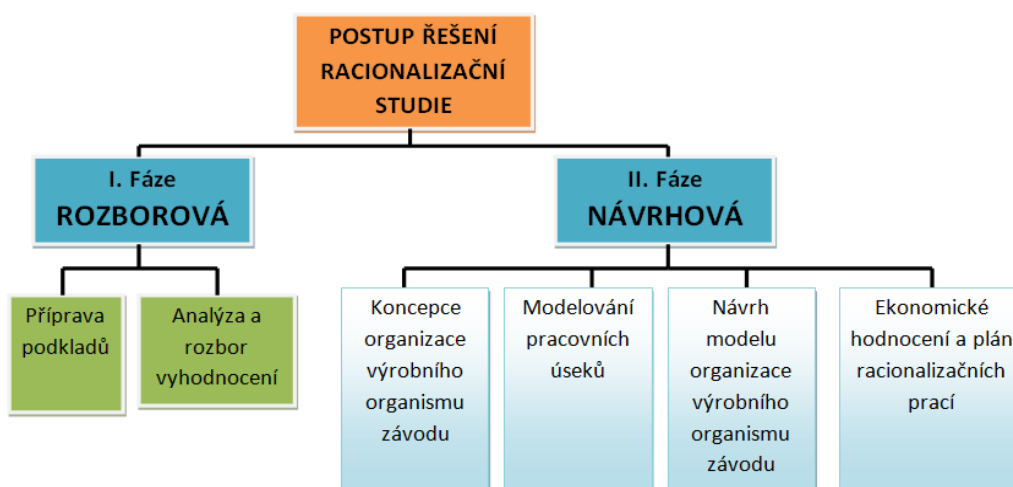
K racionalizaci můžeme přistupovat dvojím způsobem podle lidské práce a technických prvků. Jsou to komponentní a komplexní přístupy. Podle vývojových tendencí se racionalizace realizuje dle systémového přístupu.

- a) **Komponentní přístup** – tento přístup bere v potaz pouze jednu z několika částí racionalizačního celku. Tuto část pak řešíme dle funkčního (technologie výroby, normování práce), místního (pracoviště jednotlivce), prvkového (práce stroje bez ohledu na zaměstnance), nebo parametrového hlediska (zkoumá se konkrétní parametr charakteristický pro funkci objektu). Skrze tento postup se nelze dostat na vysokou úroveň efektivity.
- b) **Komplexní přístup** – principem tohoto přístupu je zabývat se jedním objektem z více hledisek najednou. Každé z těchto hledisek se řeší samostatně (tedy z technologického, organizačního, ekonomického hlediska apod.) a na základě jejich sumarizace se aplikuje racionalizační opatření.
- c) **Systémový přístup** – poslední z přístupů se zaměřuje nejen na objekt racionalizace, ale také na jeho vazby s okolím, ve kterém působí.

Racionalizační studie

Racionalizační studie představuje řešení s určením základní struktury organizace včetně materiálových toků a dalších návazných činností. Řeší pracovní operace, nebo úseky, hledá klíčové články racionalizačního řešení a rezervy pro případ růstu objemů výroby a snížení nákladů. Dále se zabývá racionalizací technologie, organizace a manipulací materiálů. Výsledkem jsou podklady pro konečné řešení od těch nejnižších pracovišť až po nejvyšší organizační struktury.

Hlavním cílem je tedy sestavit orientační řešení celého výrobního systému (viz Obrázek 5). [3]



Obrázek 5 Řešení racionalizační studie [5]

1.4. Spotřeby času

V praxi je nejčastěji řešeným problémem čas. A zároveň je to první věc na kterou se díváme při jakémkoliv zdokonalování procesu. Celou problematiku s časy řeší normy spotřeby času, ve kterých jsou uvedeny údaje o spotřebách času za operaci, nebo jejich částí (úsek, úkon, pohyb).

1.4.1 Rozdělení časů směny

Celkový čas směny (T) nám udává celkový čas směny organizační jednotky v minutách. Při osmihodinové pracovní době můžeme počítat s celkovým časem směny 480 minut. K tomuto času se také vztahují výpočty výkonnosti daného pracoviště, nebo třeba zaměstnance. V rámci celkového času směny se však musí počítat i s časy, které nejsou produktivní.

V zásadě se čas směny dělí na:

- normovatelný (nutný) čas – T_N ,
- nenormovatelný (ztrátový) čas – T_Z .

1.4.2 Normovatelný čas (T_N)

Tento čas nás bude zajímat nejvíce. Spadají pod něj veškeré činnosti, které můžeme při dané operaci sledovat a vymezit jim přesný čas. Patří mezi ně:

- čas práce (t_1),
- čas obecně nutných přestávek (t_2),
- čas podmíněčně nutných přestávek (t_3).

Čas práce (t_1) je pro nás nejpodstatnější, udává nám celkovou dobu, po kterou zaměstnanec vykonává produktivní práci. Tento čas je rovněž dělený na několik podskupin.

- Čas jednotkové práce (t_{A1}) – vyjadřuje čas, po který zaměstnanec vykonává jednotlivé úkony přímo spojené s produkcí.
- Čas dávkové práce (t_{B1}) – čas, který je nutný pro případnou přípravu před samotnou produkcí, nebo naopak při ukončování produkce. Může to být například studování dokumentace, upínání nástrojů, nebo seřizování stroje.

- Čas směnové práce (t_{C1}) – tento čas zaměstnanec stráví úkony nezbytnými pro plynulý chod pracoviště. Příprava pracoviště na začátku směny, úklid na konci směny, nebo třeba pravidelné čištění stroje.

Dále do normovatelného času patří čas obecně nutných přestávek (t_2). Tyto přestávky jsou stanoveny různými předpisy, normami, nebo zákony, proto není možné se těmto časům vyhnout ať už z bezpečnostních, či legislativních důvodů a je nutno s nimi počítat. Mezi tyto časy patří přestávky na oddech, svačinu, nebo přirozené potřeby.

Časy obecně nutných přestávek mohou být vztaženy k následujícím časům:

- čas obecně nutných přestávek v průběhu jednotkové práce (t_{A2}),
- čas obecně nutných přestávek v průběhu dávkové práce (t_{B2}),
- čas obecně nutných přestávek v průběhu směny (t_{C2}).

Poslední časy spadající do kategorie normovatelného času jsou podmíněčně nutné přestávky (t_3). Tento čas není z pohledu zaměstnance produktivní, ale je dán konkrétní technologií a většinou není možné jej výrazně redukovat. Bývá to například čekání na automatický dojezd stroje. Stejně jako obecně nutné přestávky, jsou i podmíněčně nutné přestávky vztaženy k časům:

- čas podmíněčně nutné přestávky v průběhu jednotkové práce (t_{A3}),
- čas podmíněčně nutné přestávky v průběhu dávkové práce (t_{B3}),
- čas podmíněčně nutné přestávky v průběhu směny (t_{C3}).

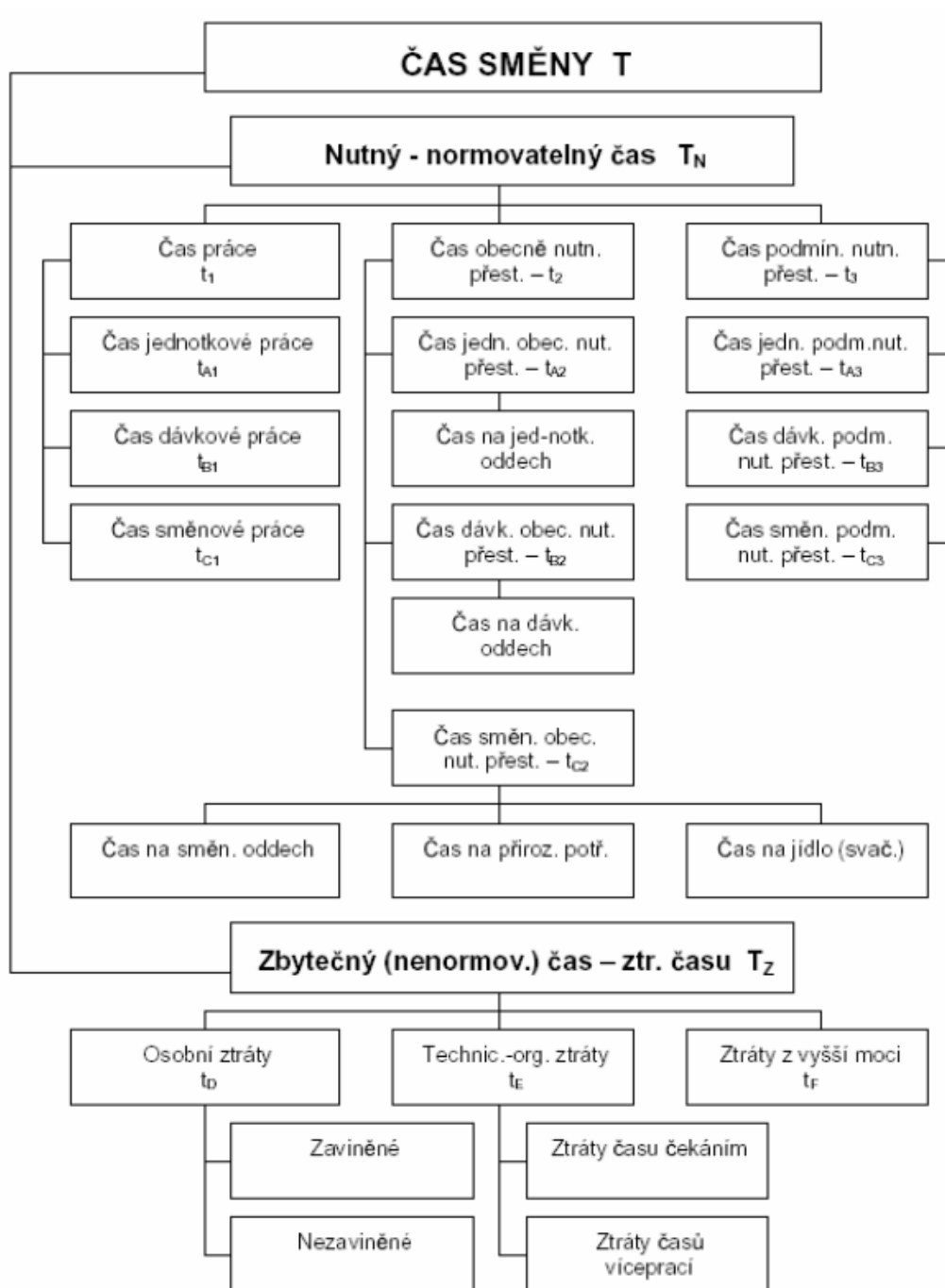
1.4.3 Nenormovatelný čas (T_z)

Jinými slovy ztráty jsou nežádoucí časy, tvořeny různými nepředpokládanými jevy, které se vyskytují sporadicky, bez jakékoliv pravidelnosti. Nemůžeme tento čas nijak vymezit, ani předem definovat. Dělení těchto času je následující.

- Osobní ztráty (t_D) – ztráty způsobené nežádoucí aktivitou zaměstnance, jako jsou bezdůvodná nepřítomnost na pracovišti, konverzace s jinými zaměstnanci bez návaznosti k výrobě apod.
- Technicko-organizační ztráty (t_E) – mezi tyto ztráty patří přerušení výroby z důvodu špatné organizace práce, nebo technické komplikace. [4]

- Ztráty z vyšší moci (t_F) – ztráty, které nemůže nijak ovlivnit ani organizace, ani zaměstnanec. Můžou to být například výpadky elektřiny, nebo přírodní katastrofy.

Celé rozdělení výše zmíněných časů směny je včetně vztahů přehledně zobrazeno na následujícím Obrázku 6.



Obrázek 6 Časy směny [6]

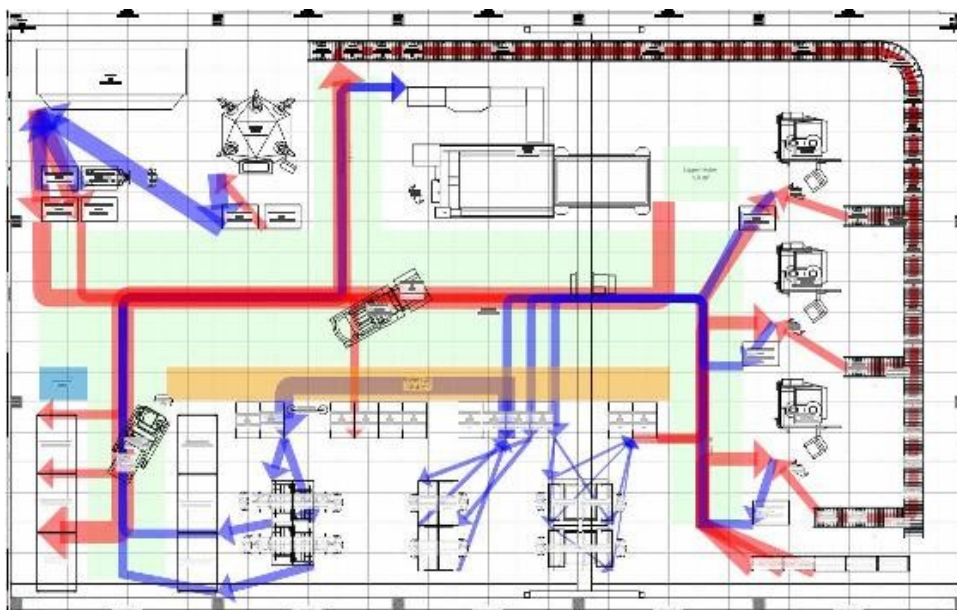
1.5 Hmotné toky

Hmotné toky jsou tvořeny všemi procesy, skrze které prochází výchozí materiál až po konečný produkt. Mohou to být jak procesy zvyšující hodnotu, tak procesy bez přidané hodnoty. Analýza a úprava těchto toků je prvním krokem k omezení plýtvání ve všech možných procesech, jako jsou výroba, logistika, vývoj, nebo i administrativa.

Management těchto hmotných toků nám umožňuje několik aktivit. Jako první je to zobrazení současného stavu hmotných toků. Ten se vytváří přímo ve výrobním procesu a znázorňuje pohyb materiálu přes pracoviště, pohyb informací, způsob, jakým je vedena výroba, výrobní časy a parametry výroby. Analýza současného stavu výroby nám ukáže, ve kterých místech se nám hromadí materiál, na kterých pracovištích máme největší časové ztráty apod. Druhou činností spadající do managementu hmotných toků je definice nových, efektivnějších toků a jejich neustálé zlepšování. A třetí, poslední činností je samotná realizace navrhovaných zlepšení, se kterou dosáhneme nového, lepšího stavu. [5]

1.5.1 Sankeyův diagram

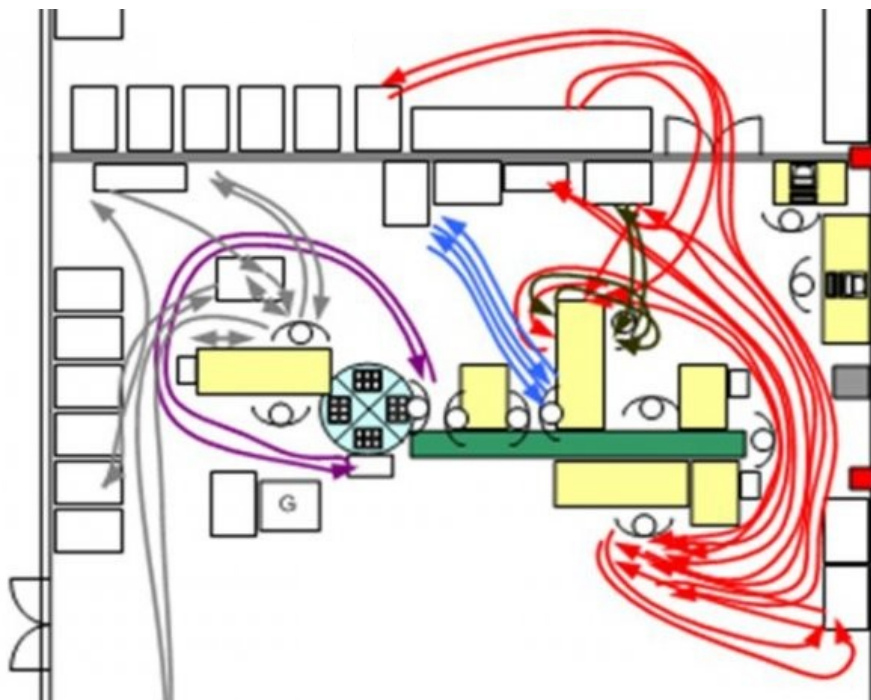
Ke grafickému znázornění hmotných toků se používá Sankeyův diagram. Tloušťkou čar v diagramu jsou znázorněny objemy přesunovaného materiálu za jednotku času, délka nám určuje vzdálenost přepravy a šipka směr materiálového toku. Příklad Sankeyova diagramu je znázorněn na Obrázku 7.[6]



Obrázek 7 Sankeyův diagram [7]

1.5.2 Spaghetti diagram

Při zlepšování procesů pomocí hmotných toků se určitě vyplatí uvažovat také o pohybu samotných zaměstnanců, kteří daný proces ovládají. K těmto účelům se nejčastěji využívá Spaghetti diagram. Tento diagram znázorňuje pohyby pracovníka během určitého času, nejčastěji v průběhu směny. Postup této analýzy je poměrně jednoduchý. Během jedné směny se do načrtnutého, nebo vytištěného layoutu zaznačí veškeré pohyby operátora. Takto zaznačený diagram nám poté odhalí množství zbytečných pohybů, které během směny operátor vykoná (například zbytečné obcházení překážejícího stolku apod.). Samotný Spaghetti diagram může vypadat například jako na Obrázku 8. [7]



Obrázek 8 Spaghetti diagram [8]

Metody pro úpravu hmotných toků se vyplatí využívat v případech, kdy se nám výrobní procesy pravidelně a rovnoměrně opakují. Nabízí možnost jednoduchého a kvalitního monitorování procesů ve výrobě, průběhů operací, logistiky a administrativních procesů. Naopak není vhodné tyto metody uplatňovat v podnicích se zakázkovou a kusovou výrobou.

Je vhodné sáhnout po těchto metodách ve chvíli, kdy v podniku zavádíme novou výrobu produktu, nebo u výrobních procesů, které se budou brzy re-organizovat. Určitě se vyplatí s nimi pracovat, pokud plánujeme rozvržení nových výrobních prostor. [5]

PRAKTICKÁ ČÁST

2 Charakteristika podniku Brembo Czech s.r.o.

Společnost Brembo založil v roce 1961 otec nynějšího prezidenta skupiny – Emilio Bombassei. Historická fotografie zachycuje podobu společnosti Brembo v jejím počátku (viz Obrázek 9).



Obrázek 9 Freni - Brembo [9]

Zpočátku šlo o malou mechanickou dílnu, která však díky zkušenostem zakladatele z oblasti metalurgie a strojírenství začala spolupracovat s prestižními klienty, jakoby byla např. Alfa Romeo. Klíčový zlom přišel v roce 1964, kdy společnost začala produkovat první italské brzdové kotouče pro trh náhradních dílů. Brzy poté se sortiment začal rozrůstat o další brzdové komponenty.

V roce 1972 začalo Brembo dodávat komponenty společnosti Moto Guzzi, čímž si zajistilo spojení s trhy s motocykly. Nejdůležitější milník společnosti však přišel v roce 1975, kdy byla společnost požádána samotným Enzo Ferrarim, aby poskytla brzdový systém pro nejznámější závodní sérii – Formuli 1 (viz Obrázek 10). Díky této spolupráci se velmi rychle Brembo stalo předním dodavatelem brzdových komponentů do prakticky všech segmentů motorsportu.



Obrázek 10 Brzdový systém F1 [10]

Počátkem 80. let se společnost zaměřila hlavně na vývoj inovativních produktů a procesů. Významným posunem vpřed bylo uvedení prvních hliníkových třmenů pro automobily. Právě tyto hliníkové třmeny si velmi rychle oblíbili významní výrobci automobilů jako Porsche, BMW, Nissan, Chrysler, Mercedes a další. Dalším důkazem posunu v produktech byl průnik do segmentu užitkových vozidel, do kterého Brembo začalo v polovině 80. let dodávat kotoučové brzdy.

Od roku 2000 Brembo výrazně rozšiřuje svou produkci a expanduje do celého světa. Svou produkci rozšířilo kromě brzdových systémů i na další automobilové komponenty, jako jsou závodní spojky a převodovky, lehká magnesiová kola a bezpečnostní prvky, jako jsou bezpečnostní pásy, sedadla, závodní obuv apod. Tyto nové produkty mohou dodávat díky tomu, že aktivně posilují svou pozici na trhu sdružováním s jinými společnostmi, jako jsou AP Racing, Marchesini, Sabelt apod. V posledních 14 letech Brembo vybudovalo nové závody napříč celým světem. V současné době společnost zaměstnává okolo sedmi tisíc zaměstnanců a každým rokem přibývají noví. Hlavním cílem společnosti je pokračovat v mezinárodní expanzi a tím zajistit lepší dostupnost a efektivnější distribuci komponentů ke klíčovým zákazníkům. Díky tomuto cíli bylo v roce 2010 investováno přes 35 milionů Euro i do České Republiky a byl zde vybudován závod pro podvozkové komponenty určené pro středně prémiový a prémiový segment. Nově vybudovaný závod v Ostravě s názvem Brembo Czech s.r.o. (viz Obrázek 11) dodává komponenty zákazníkům, jako jsou Land Rover, Porsche, BMW, Audi a GM.



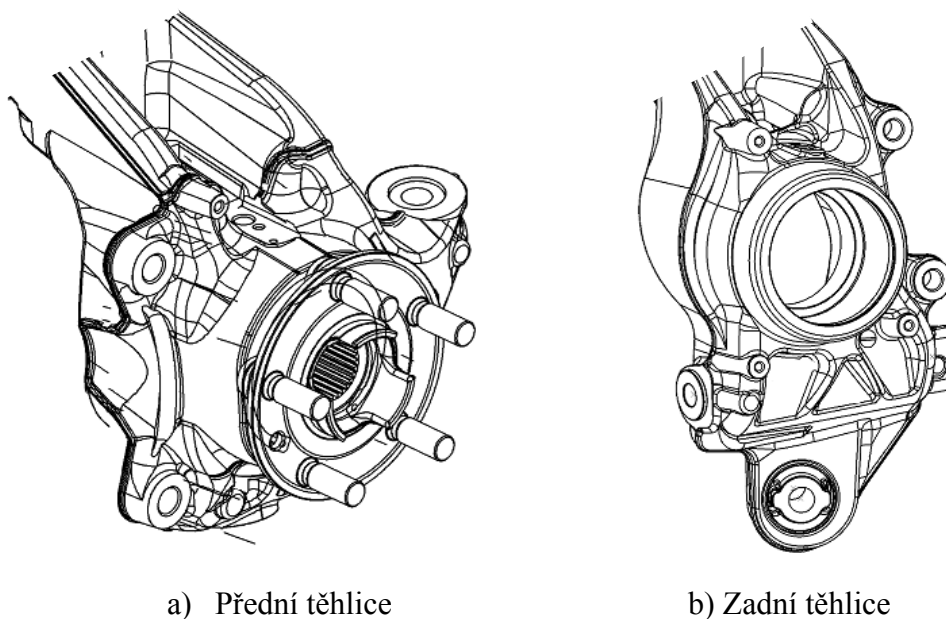
Obrázek 11 Brembo Czech s.r.o (2013) [11]

2.1 Popis produktu

Jak bylo zmíněno výše, kromě přímých brzdových komponentů, jako jsou třmeny, brzdové disky, brzdové destičky apod. se Brembo Czech s.r.o. (dále jen Brembo) zabývá výrobou i dalších podvozkových komponentů, které jsou rovněž klasifikovány, jako bezpečnostní.

Problematika řešená v této bakalářské práci se týká podvozkového komponentu s názvem těhlice. Tento podvozkový díl zajišťuje na automobilu uchycení brzdového systému, kola a tlumiče, do jednoho celku. Už z tohoto popisu je zřejmé, že jde o výrobek, u kterého je třeba zajistit nejvyšší možnou kvalitu, protože jakákoliv chyba v procesu by později mohla způsobit velmi nepříjemnou dopravní nehodu. V ostravském závodě jsou vyráběny hliníkové těhlice od prvotního lití, přes následné obrábění, až po montáž do jednoho celku s několika dalšími komponenty.

Po přibližně jednom roce užívání již zavedeného výrobního procesu těhlic určených pro automobilku Land Rover bylo rozhodnuto, že by bylo třeba upravit tento proces, lépe ho přizpůsobit požadavkům provozu a v ideálním případě dosáhnout nějakých úspor. Tohle rozhodnutí se týkalo konkrétně dvou typů výrobků – přední a zadní těhlice (ve všech fázích výroby pro vůz Range Rover Evoque (viz Obrázek 12)), které jsou obráběny a montovány na jednom pracovním úseku.



Obrázek 12 3D zobrazení podvozkových komponentů[12]

2.2 Montážní proces podvozkového komponentu

Z výše uvedených informací vyplývá, že se problematika týká dvou výrobků, které jsou sice podobné, ale jejich výrobní proces se v několika bodech liší. Je nutné tedy tyto dva výrobky rozlišovat, protože každý z nich má vlastní obráběcí i montážní proces.

Montáž přední těhlice

Montážní proces přední těhlice začíná u obráběcího stroje, do kterého kus přijde jako obroušený odlitek ze slévárny v plastové přepravce, která ve třech vrstvách obsahuje celkem 60 obroušených odlitků (viz Obrázek 13).



Obrázek 13 Balení předních těhlic [13]

Po obrábění následuje očištění obrobků od zbývajících třísek v mycí lince, po které následuje montáž výrobku, která je prováděna na montážním stroji se dvěma pracovními pozicemi. Do montážní linky vstupuje několik položek, ze kterých je skládán konečný výrobek. Výčet těchto položek je následující:

1. obrobek přední těhlice,
2. štítek s čárovým kódem,
3. náboj kola,
4. ložisko,
5. ocelová vložka.

V případě přední těhlice po montáži následuje ještě kontrola oscilace náboje na samostatné kontrolní stanici.

Montáž zadní těhlice

Montážní úsek zadní těhlice, stejně jako přední, začíná u obráběcího stroje, ke kterému se dostává v plastových přepravkách po 64 kusech uložených ve čtyřech vrstvách (viz Obrázek 14).



Obrázek 14 Balení zadních těhlic [14]

Po obrábění opět následuje čištění od třísek v mycí lince, která je společná jak pro přední, tak i pro zadní těhlice. Poté následuje samotný montážní proces realizovaný jednou stanicí, při kterém jsou skládány do celku následující součásti:

1. obrobek zadní těhlice,
2. štítek s čárovým kódem,
3. pouzdro,
4. 2x ocelová vložka.

Z výše uvedených informací tedy vyplývají rozdíly mezi montáží přední a zadní těhlice. Klíčové údaje jsou:

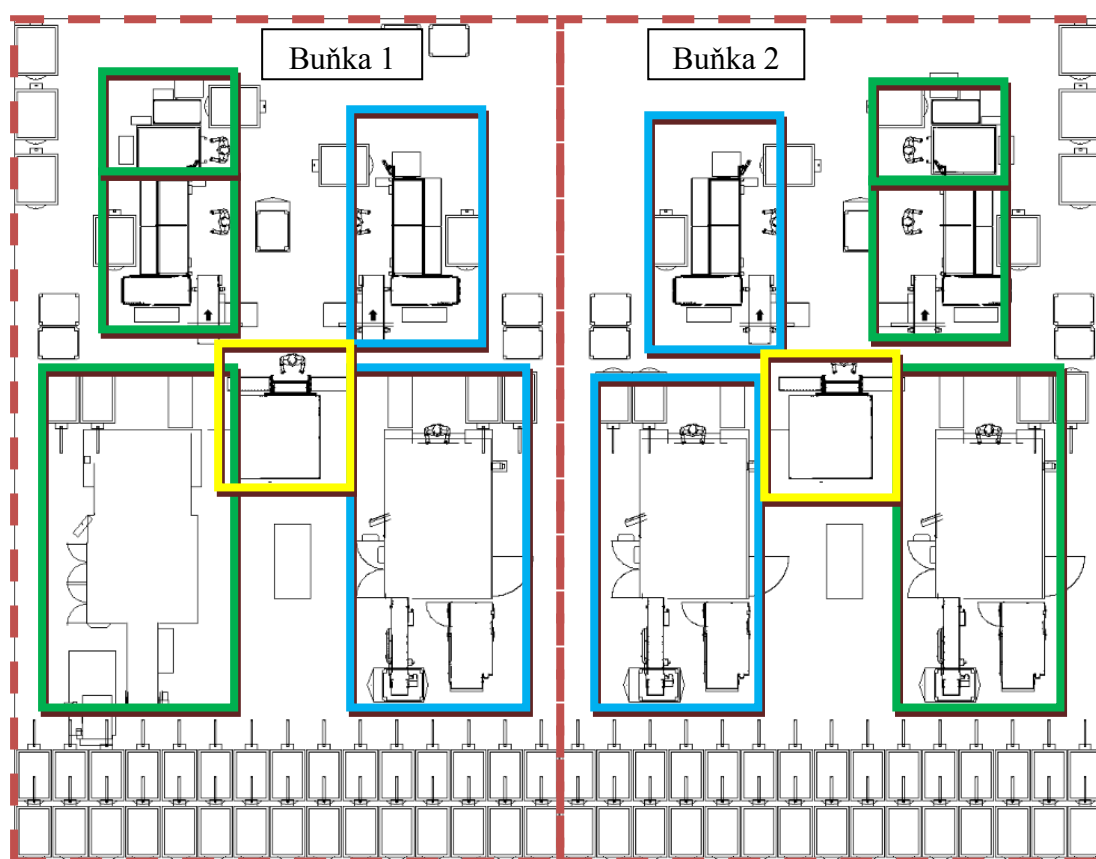
- přední a zadní těhlice mají každá vlastní obráběcí a montážní linku (tzn. nelze použít pro obrábění a montáž přední těhlice zařízení, které je primárně určeno pro těhlici zadní a opačně),
- přední i zadní těhlice mají společnou mycí linku (je využívána současně pro oba typy těhlice),
- přední a zadní těhlice mají odlišné komponenty.

3 Analýza současné situace

Následující kapitola je věnována detailnímu rozboru organizace pracovních stanic v oblasti montáže, hmotného toku, využití operátorů a výrobním časům, které jsou s pracemi spojeny.

3.1 Analýza layoutu

Původní layout je zobrazen níže na Obrázku 15. Logika uspořádání jednotlivých stanovišť je popsána v odstavci pod Obrázkem 15.

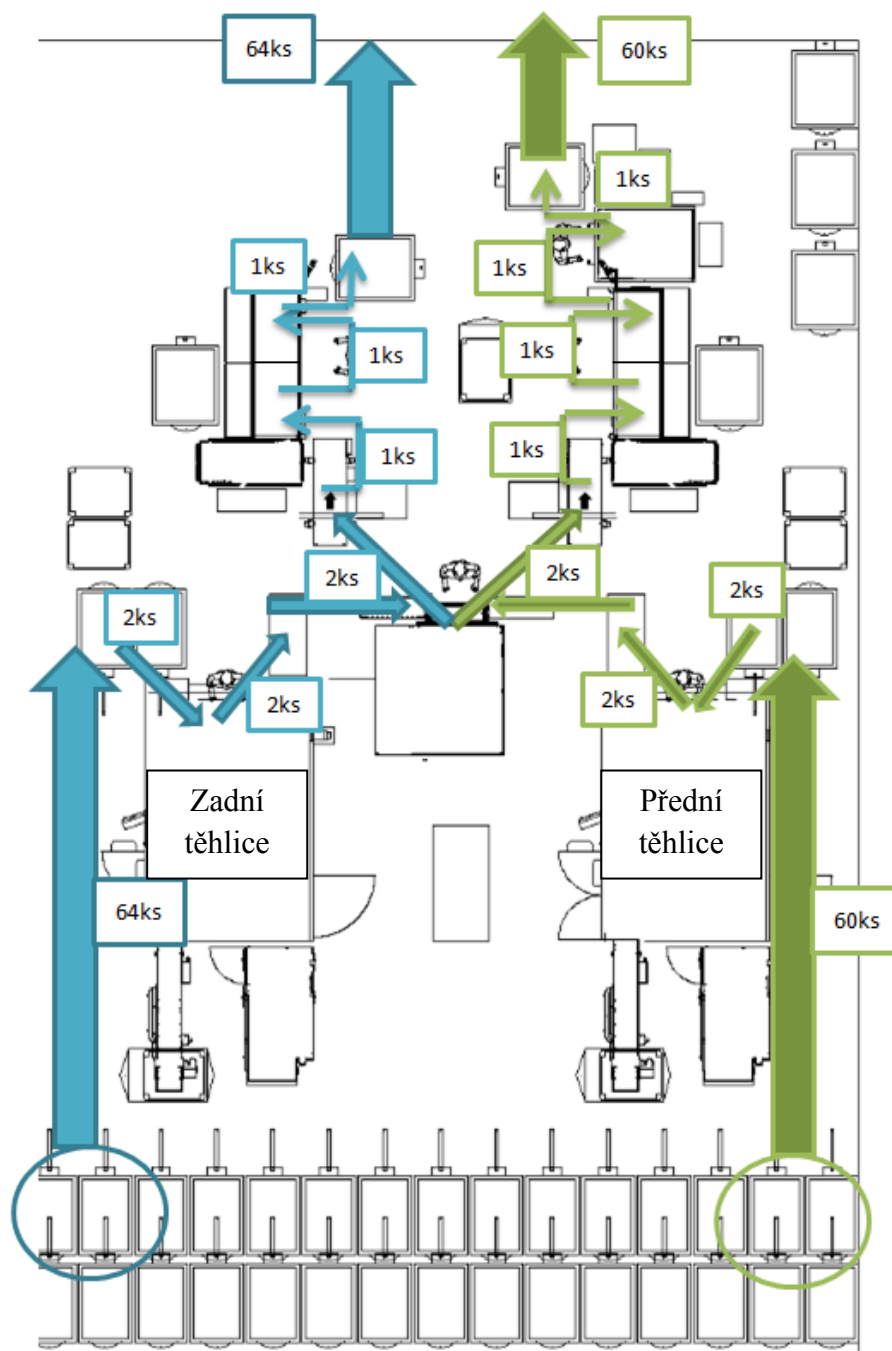


Obrázek 15 Aktuální layout [15]

Celá oblast je rozdělena na dvě pomyslné buňky, které se nezávisle na sobě starají o montáž předních i zadních těhlic (zobrazeno červenou přerušovanou čarou). Každá z těchto buněk v sobě obsahuje zeleně zvýrazněné stanice pro přední těhlice (obráběcí stroj, montážní stanice, kontrolní stanice), modře zvýrazněné stanice pro zadní těhlice (obráběcí stroj, montážní stanice) a žlutě zvýrazněnou stanicí sloužící k čištění obrobených těhlic od třísek, která je určena pro oba typy těhlic. V této situaci platí, že každou z barevně zvýrazněných stanic obsluhuje jeden operátor.

3.2 Analýza hmotného toku

Dalším krokem v analýze současného stavu byl rozbor hmotných toků v detailu řešené oblasti. Jak bylo zmíněno v teoretické části, k řešení této problematiky slouží například Sankeyův diagram. Ze základní filosofie této metody se tedy vycházelo i při samotné analýze. Na Obrázku 16 je naznačen hmotný tok předních i zadních těhlic (barvy odpovídají rozdělení dle Obrázku 15 na stránce 26).



Obrázek 16 Sankeyův diagram- Aktuální hmotný tok [16]

Tento diagram posloužil k představě o aktuálním hmotném toku, který se v řešené oblasti vyskytuje. Analýza poskytla následující informace:

- přes obráběcí stroje prochází současně dva kusy těhlic,
- přes mycí linku prochází současně čtyři kusy těhlic (v ideálním případě dvě přední a dvě zadní),
- v případě předních kusů prochází skrze montážní linku vždy jen jedna těhlice (v rámci montážní linky jsou dvě montážní a jedna kontrolní pozice),
- v případě zadních kusů je situace stejná, jako u předních s tím rozdílem, že má o jednu operaci méně.

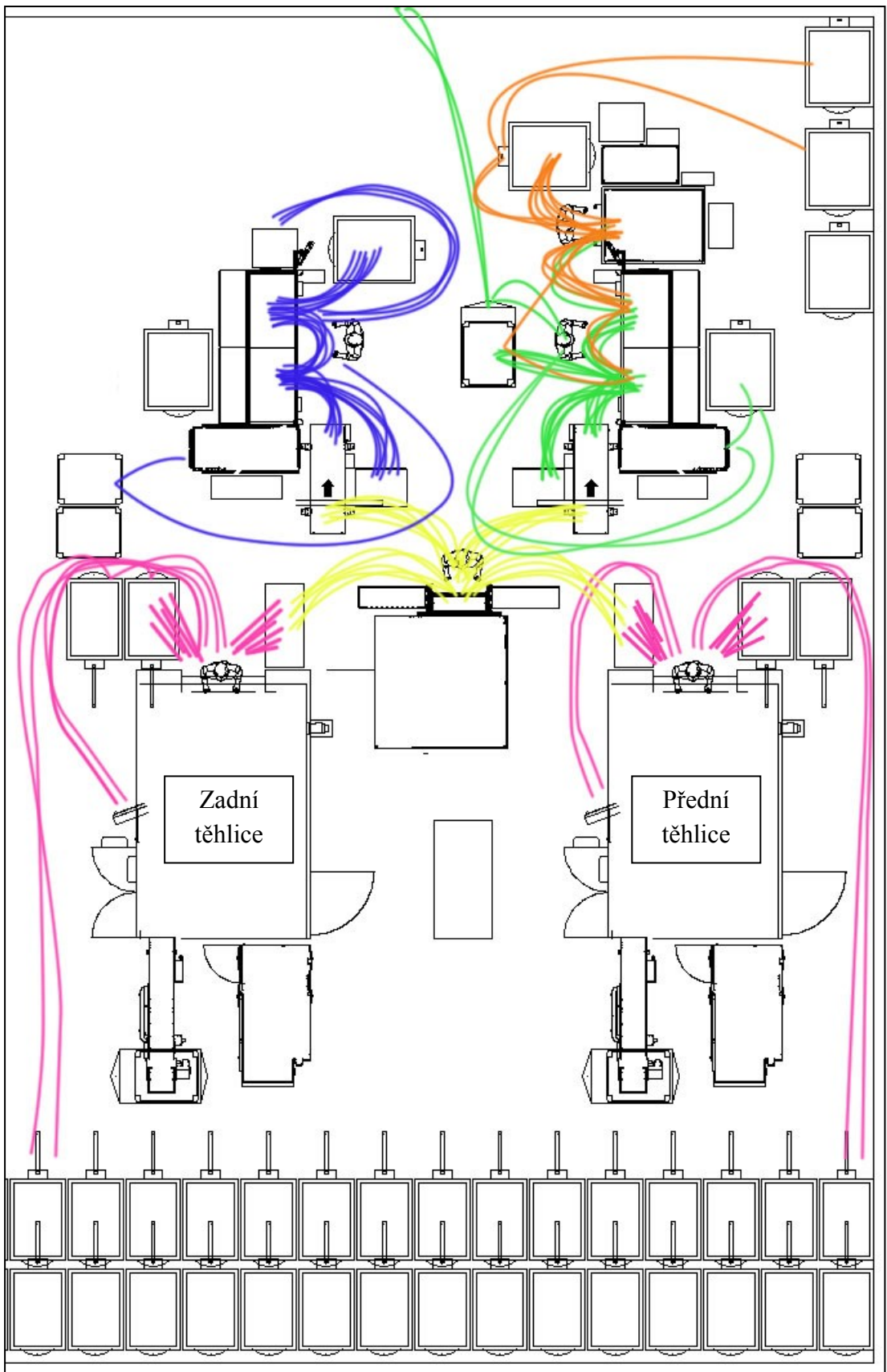
3.3 Montážní časy a využití operátorů

Posledním nejdůležitějším tématem, které se řešilo v rámci analýzy současného stavu, jsou montážní časy. Veškeré níže použité časy jsou převzaty z interní podnikové dokumentace a slouží především k dopočtu vytížení operátorů obsluhujících montážní linky.

3.3.1 Spaghetti diagram

První sledovanou problematikou v souvislosti s využitím operátorů byl samotný pohyb operátorů v této oblasti. Pro tyto účely se ukázalo jako nejlepší využít Spaghetti diagram, jehož principem je schematicky znázornit veškeré pohyby zaměstnanců v řešené oblasti během směny. Vzhledem k množství a rozmanitosti pohybů operátorů se v praxi ukázalo jako vhodnější orientačně zaznačit pouze významné pohyby, které ovlivní řešenou problematiku. Zaznamenaný Spaghetti diagram převedený do elektronické formy na Obrázku 17 tedy nezobrazuje konkrétní počty pohybů, ani v něm nejsou zaznačeny všechny vykonané pohyby (například byly vynechány zbytečné pohyby, které nejsou pro tuto práci podstatné, jako jsou odchod na oběd, odchod na zákonem danou pětiminutovou přestávku, příchod a odchod na začátku a konci směny apod.), ale jsou v něm zaznamenány klíčové pohyby spojené s vykonáváním práce, které v případě předních těhlic naznačují možné komplikace, které jsou dále v textu rozebrány.

Zobrazený Spaghetti diagram je vypracován pro jednu z dvojice buněk obrábění, mytí a montáže předních a zadních těhlic (dle Obrázku 15 na straně 26 se jedná o červeně označenou pravou pomyslnou buňku), ale stejný, pouze zrcadlově otočený Spaghetti diagram samozřejmě platí i pro druhou, nezobrazenou, pomyslnou buňku.



Obrázek 17 Aktuální Spaghetti diagram [17]

3.3.2 Montážní časy přední těhlice

Další řešené téma jsou montážní časy těhlic na jednotlivých strojích, které poslouží především k výpočtu využití operátorů. V případě předních těhlic se nachází v řešené oblasti dva operátoři, kteří obsluhují montáž těchto těhlic. První z operátorů má za úkol následující operace (čísla na konci následujících vět se odkazují na příslušná čísla operací v Tabulce 1):

- nalepení štítku, naložení kusu do první pozice ve stanici, naskenování štítku, naložení ložiska a náboje, stisk spouštěcího tlačítka (01),
- přemístění těhlice na druhou pozici v montážní lince, opětovné naskenování štítku, naložení ocelové vložky a stisk spouštěcího tlačítka (03),
- vyložit a předat kus druhému operátorovi (05).

Druhý operátor má následně za úkol tyto operace:

- vložit těhlici do kontrolní stanice, spuštění kontroly (09),
- vyložení kontrolované těhlice ze stanice (10),
- výstupní kontrola kompletní těhlice a uložení do přepravky (12).

Mimo tyto operace, které se opakují s každým kusem, je třeba ještě vzít v úvahu operace, které se opakují v určitých intervalech. První z operátorů musí:

- po každém 12. kusu vyměnit krabici s ložisky (06),
- po každém 12. kusu odstranit proklad z krabice s náboji (07),
- po každém 36. kusu vyměnit krabici s náboji (08).

Pro druhého operátora platí následující činnosti:

- po každém 12. kusu musí do přepravky s hotovými výrobky vložit proklad (13),
- po každém 36. kusu musí vyměnit plnou přepravku za prázdnou (14).

Poslední časy, se kterými je nutné počítat, jsou samotné výrobní časy stroje. Všechny číselně vyjádřené časy jsou zobrazeny v Tabulce 1.

Tabulka 1 Montážní časy předních těhlic [1]

<i>Číslo operace</i>	<i>Popis operace</i>	<i>TOP [min]</i>	<i>Četnost operace</i>	<i>TS [min]</i>	<i>TO1 [min]</i>	<i>TO2 [min]</i>
Montážní stanice						
01	Nalepení štítku, naložení kusu do stanice, naskenování štítku, naložení ložiska a náboje, stisk spouštěcího tlačítka	0,319	1/1	-	-	0,319
02	Automatické zalisování ložiska a náboje	0,672	1/1	0,672	-	-
03	Přemístění těhlice na druhou pozici v montážní lince, opětovné naskenování štítku, naložení ocelové vložky a stisk spouštěcího tlačítka	0,170	1/1	-	0,170	-
04	Zalisování ocelové vložky	0,399	1/1	0,399	-	-
05	Vyložení a předání kusu druhému operátorovi	0,100	1/1	-	0,100	-
06	Výměna krabice s ložisky	0,079	1/12	-	-	0,007
07	Odstranění prokladu z krabice s náboji	0,549	1/12	-	-	0,046
08	Vyměnit krabice s náboji	2,045	1/36	-	0,057	-
Kontrolní stanice						
09	Vložení těhlice do kontrolní stanice, spuštění kontroly	0,166	1/1	-	0,166	-
10	Vyložení kontrolované těhlice ze stanice	0,157	1/1	-	0,157	-
11	Automatická kontrola těhlice	0,928	1/1	0,928	-	-
12	Kontrola kusu a uložení do přepravky	0,264	1/1	-	-	0,264
13	Vložení prokladu do přepravky	0,991	1/12	-	0,083	-
14	Výměna plné přepravky za prázdnou	1,962	1/36	-	0,054	-

Výpočet vytížení operátora montážní linky

Obecně pro výpočet vytížení obou operátorů bude nutné nejdříve vypočítat z dat zaznamenaných v Tabulce 1 čas montáže linky TC_{m1} .

$$TC_{m1} = TS_{m1} + TO1_{m1} = (TS_{02} + TS_{04}) + (TO1_{03} + TO1_{05} + TO1_{08}) = \\ = (0,672 + 0,399) + (0,170 + 0,100 + 0,057) = \underline{\underline{1,40 [min]}}; \quad (1)$$

kde: TS_{m1} = časy montážní linky předních těhlic [s], $TO1_{m1}$ = časy operátora montážní linky předních těhlic [s], TS_{02} = čas automatického zalisování ložiska a náboje [s], TS_{04} = čas zalisování ocelové vložky [s], $TO1_{03}$ = čas přemístění těhlice na druhou montážní pozici, naskenování kódu, naložení ocelové vložky a spuštění [s], $TO1_{05}$ = čas vyložení a předání kusu druhému operátorovi [s], $TO1_{08}$ = čas výměny krabice s náboji [s].

Montážní čas stanice je roven 1,40 minut, vytížení operátora (S_{m1}) na montážní stanici je tedy v tom případě následující:

$$S_{m1} = \frac{TO1_{03} + TO1_{05} + TO1_{08} + TO2_{01} + TO2_{06} + TO2_{07}}{TC_{m1}} = \\ = \frac{0,170 + 0,100 + 0,057 + 0,319 + 0,007 + 0,046}{1,40} = \frac{0,70}{1,40} = \underline{\underline{50 \%}}; \quad (2)$$

kde: $TO2_{01}$ = čas nalepení štítku, naložení kusu do stanice, naskenování štítku, naložení ložiska a náboje, spuštění [s], $TO2_{06}$ = čas výměny krabice s ložisky [s], $TO2_{07}$ = odstranění prokladu z krabice s náboji [s].

Výpočet vytížení operátora kontrolní linky

Obdobně jako při výpočtu vytížení operátora montážní linky, i v tomto případě je nutné nejdříve stanovit čas kontrolní linky TC_k .

$$TC_k = TS_k + TO1_k = (TS_{11}) + (TO1_{09} + TO1_{10} + TO1_{13} + TO1_{14}) = \\ = (0,928) + (0,166 + 0,157 + 0,083 + 0,054) = \underline{\underline{1,39 [min]}}; \quad (3)$$

kde: TS_k = čas kontrolní stanice předních těhlic [s], $TO1_k$ = časy operátora kontrolní stanice předních těhlic [s], TS_{11} = automatická kontrola těhlice [s], $TO1_{09}$ = vložení těhlice do kontrolní stanice, spuštění kontroly [s], $TO1_{10}$ = vyložení kontrolované těhlice [s], $TO1_{13}$ = čas vložení prokladu do přepravky [s], $TO1_{14}$ = čas výměny plné přepravky za prázdnou.

Čas kontrolní stanice je roven 1,39 minut, vytížení operátora (S_k) na kontrolní stanici je tedy v tom případě následující:

$$S_k = \frac{TO1_{09} + TO1_{10} + TO2_{12} + TO1_{13} + TO1_{14}}{TC_k} =$$

$$= \frac{0,166 + 0,157 + 0,264 + 0,083 + 0,054}{1,39} = \underline{\underline{52\%}}; \quad (4)$$

kde: $TO2_{12}$ = čas výstupní kontroly těhlice a uložení do přepravky [s].

3.3.3 Montážní časy zadní těhlice

Na montáži zadních těhlic se podílí pouze jeden operátor (tzn. je zde o jednoho operátora méně, než je tomu v případě těhlic předních). Tento operátor má na starost následující činnosti (čísla v závorkách odkazují na číslování operací v Tabulce 2):

- nalepení štítku, naložení kusu do první montážní pozice ve stanici, naskenování štítku, naložení pouzdra, stisk spouštěcího tlačítka (15),
- přemístění těhlice do druhé montážní pozice, naskenování štítku, naložení první ocelové vložky, stisk spouštěcího tlačítka (17),
- otočení kusu ve druhé pozici, naložení druhé ocelové vložky, stisk spouštěcího tlačítka (19),
- kontrola hotové těhlice, uložení do přepravky (21).

Stejně jako v případě předních těhlic, i se zadními těhlicemi jsou spojeny úkony, které se provádí v určitých intervalech, kterými jsou:

- vložení prokladu do přepravky s hotovými výrobky (22),
- výměna plné přepravky za prázdnou (23).

A nakonec i časy samotného montážního stroje, které jsou společně s ostatními časy zadních těhlic shrnuty v Tabulce 2.

Tabulka 2 Montážní časy zadních těhlic [2]

<i>Číslo operace</i>	<i>Popis operace</i>	<i>TOP [min]</i>	<i>Četnost operace</i>	<i>TS [min]</i>	<i>TO1 [min]</i>	<i>TO2 [min]</i>
Montážní stanice						
15	Nalepení štítku, naložení kusu do první montážní pozice ve stanici, naskenování štítku, naložení pouzdra, stisk spouštěcího tlačítka	0,329	1/1	-	-	0,329
16	Automatické zalisování pouzdra	0,157	1/1	0,157	-	-
17	Přemístění těhlice na druhou pozici v montážní lince, opětovné naskenování štítku, naložení první ocelové vložky a stisk spouštěcího tlačítka	0,306	1/1	-	0,306	-
18	Automatické zalisování první ocelové vložky	0,130	1/1	0,130	-	-
19	Otočení kusu ve druhé pozici, naložení druhé ocelové vložky, stisk tlačítka	0,277	1/1	-	0,277	-
20	Automatické zalisování druhé ocelové vložky	0,369	1/1	0,369	-	-
21	Kontrola hotové těhlice, uložení do přepravky	0,524	1/1	-	0,524	-
22	Vložení prokladu do přepravky s výrobky	0,998	1/12	-	0,083	-
23	Výměna plné přepravky za prázdnou	1,995	1/36	-	0,055	-

Výpočet vytížení operátora montážní linky

Z údajů uvedených v Tabulce 2 se obdobným způsobem, jako u přední těhlice dopočítá montážní čas linky TC_{m2} .

$$\begin{aligned}
TC_{m2} &= TS_{m2} + TO1_{m2} = \\
&= (TS_{16} + TS_{18} + TS_{20}) + (TO1_{17} + TO1_{19} + TO1_{21} + TO1_{22} + TO1_{23}) = \\
&= (0,157 + 0,130 + 0,369) + (0,306 + 0,277 + 0,524 + 0,083 + 0,055) = \\
&\underline{\underline{1,90 [min]}}; \tag{5}
\end{aligned}$$

kde: TS_{m2} = časy montážní linky zadních těhlic [s], $TO1_{m2}$ = časy operátora montážní linky zadních těhlic [s], TS_{16} = čas automatického zalisování pouzdra [s], TS_{18} = čas automatického zalisování první ocelové vložky [s], TS_{20} = čas automatického zalisování druhé ocelové vložky [s], $TO1_{17}$ = čas přemístění těhlice na druhou pozici montážní linky, naskenování štítku, naložení první ocelové vložky a spuštění [s], $TO1_{19}$ = otočení kusu na druhou montážní pozici, naložení druhé ocelové vložky a spuštění [s], $TO1_{21}$ = kontrola těhlice a uložení do přepravky [s], $TO1_{22}$ = čas vložení prokladu do přepravky s výrobky [s], $TO1_{23}$ = čas výměny plné přepravky za prázdnou [s].

Montážní čas vychází na 1,76 minut, v tom případě vyřízení operátora (S_{m2}) na montážní stanici zadních těhlic je následující:

$$\begin{aligned}
S_{m2} &= \frac{TO1_{17} + TO1_{19} + TO1_{21} + TO2_{15} + TO2_{22} + TO2_{23}}{TC_{m2}} = \\
&= \frac{0,306 + 0,277 + 0,524 + 0,329 + 0,083 + 0,055}{1,90} = \underline{\underline{83 \%}}; \tag{6}
\end{aligned}$$

kde: $TO2_{15}$ = čas nalepení štítku, naložení těhlice na první montážní pozici, naskenování štítku, naložení pouzdra a spuštění [s].

3.4 Stanovení slabých míst

Dle předchozích detailních analýz bylo zjištěno hned několik zásadních nedostatků. Jako klíčová se jeví především možnost úpravy organizace montážní a kontrolní stanice předních těhlic. Hlavním důvodem je oproti zadním těhlicím přítomnost jednoho operátora navíc a tím výrazně nižší vyřízení každého z operátorů obsluhujících montážní a kontrolní stanici. Rozdíl ve vyřízení je patrný ze srovnávací Tabulky 3.

Tabulka 3 Porovnání vytížení operátorů [3]

	Vytížení operátora [%]
Přední těhlice	
Operátor montážní linky	50
Operátor kontrolní linky	52
Zadní těhlice	
Operátor montážní linky	83

Kromě nízkého vytížení operátorů jsou důvodem také příležitostné neshody těchto dvou operátorů zapříčiněné špatnou domluvou, následkem čehož vznikají zmetky. Například, když operátor kontrolní stanice odebere z montážní stanice kus, který nemá zalisované ocelové vložky. Těchto neshod a důvodů, proč dochází k montáži zmetků, si lze všimnout i v zaznamenaném Spaghetti diagramu. Na níže uvedeném detailu ze Spaghetti diagramu (viz Obrázek 18) je zřejmé prolínání trajektorií pohybů operátora montážní a kontrolní linky.



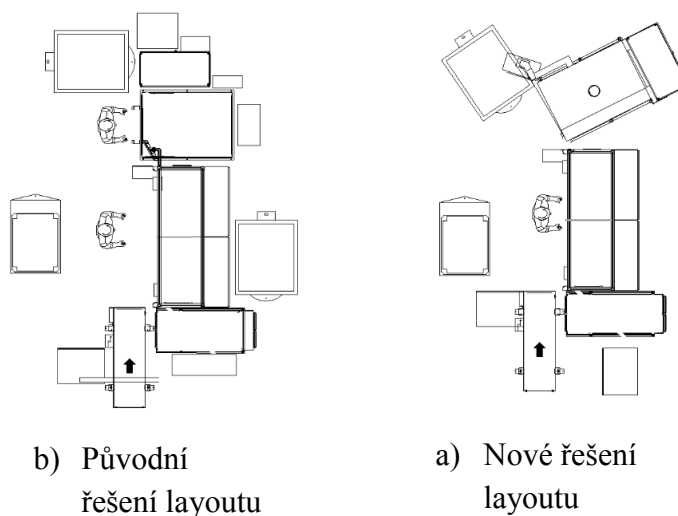
Obrázek 18 Spaghetti diagram – neshoda montáže předních těhlic [18]

Největší potenciál je v úpravě layoutu, jehož uzpůsobením by bylo možné odstranit jednoho ze dvou operátorů působících na montáži předních těhlic, čímž by se docílilo lepšího vytížení zbylého operátora a hlavně také úspory financí.

4 Návrh zlepšení

4.2 Návrh změny layoutu

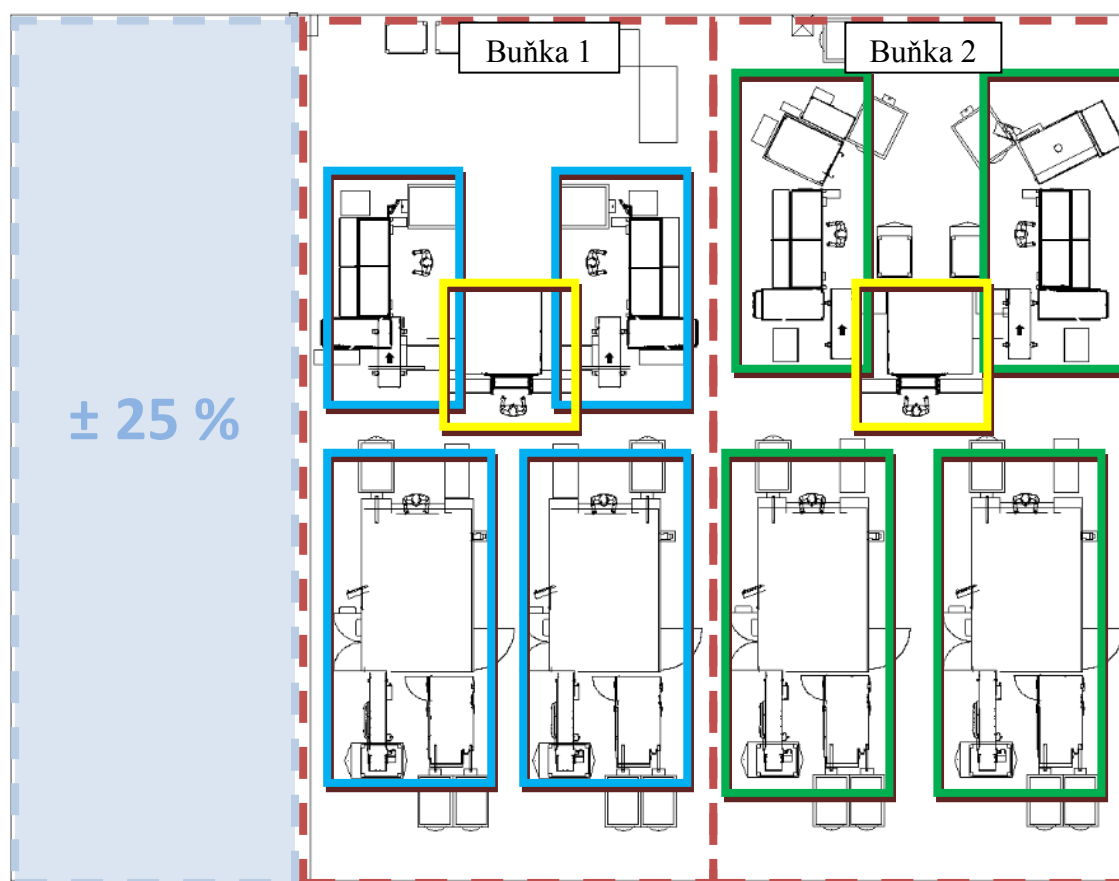
Prvním krokem v návrhu řešení je upravené uspořádání montážní a kontrolní stanice pro přední těhlice. Hlavní změna je tedy v obsluze montážní i kontrolní stanice jedním operátorem a s tím je spojeno natočení kontrolní stanice o 30° pro lepší celkovou ergonomii této oblasti a s tím související snadnější obsluhu. Detail tohoto řešení je zobrazen níže na Obrázku 19 (pro úplnost je zde(a) původní varianta a (b) nové řešení).



Obrázek 19 Návrh změny layoutu [19]

Mimo uvedou změnu v organizaci montážní a kontrolní linky pro přední těhlice se naskytla možnost upravit celou oblast včetně obráběcích strojů. Došlo k přesunu všech strojů vyskytujících se v této oblasti. Přemístěním mycích strojů mezi montážní stanice bylo dosaženo zmenšení vzdáleností mezi obráběcími stroji a tím i úspory místa kolem celé oblasti. Šířka celé oblasti se zkrátila z původních 27 metrů na 20 metrů, z čehož plyne redukce rozlohy celé oblasti o přibližně 25%. Poslední změnou provedenou na layoutu této oblasti je záměna obráběcího a montážního stroje zadních těhlic za obráběcí, montážní a kontrolní stanici těhlic předních. Cílem bylo úplné zamezení možných zmatků při montáži a kontrole předních a zadních těhlic (například umístění hotové zadní těhlice do přepravky pro těhlice přední).

Pro představu jsou veškeré změny v layoutu zmíněné v této kapitole graficky znázorněny na Obrázku 20, včetně naznačené redukce celkové rozlohy o zmíněných přibližných 25%. K porovnání poslouží Obrázek 15 ze strany 26 s původním řešením oblasti. Barevné rozdělení na Obrázku 20 odpovídá rozdělení na Obrázku 15.



Obrázek 20 Nové řešení layoutu [20]

4.3 Nové montážní časy přední těhlice

Spolu se změnou layoutu a s odstraněním jednoho operátora z montážního procesu předních těhlic se významným způsobem změní také montážní časy. Zbývající operátor montážní stanice bude muset obstarávat kromě svých původních činností také operace, které vykonával operátor obsluhující kontrolní stanici.

Samotné operace zůstávají téměř shodné s výčtem operací pro dva operátory ze strany 30. Dvě změny tvoří sloučení operací 05 (Vyložení a předání kusu druhému operátorovi) a 09 (Vložení těhlice do kontrolní stanice, spuštění kontroly) v jedinou operaci - vyložení kusu z druhé pozice montážní stanice, vložení kusu do kontrolní stanice a spuštění automatické kontroly a přidání jedné operace navíc – čas pro návrat od kontrolní stanice ke stanici montážní (s tímto časem je počítáno z důvodu častějšího a delšího pohybu operátora).

Pro úplnost jsou ještě jednou veškeré zmíněné operace a jejich časy zobrazeny přehledně v následující Tabulce 4 (změny uvedené v předchozím odstavci jsou zvýrazněny červeně).

Tabulka 4 Nové časy montáže předních těhlic [4]

<i>Číslo operace</i>	<i>Popis operace</i>	<i>TOP [min]</i>	<i>Četnost operace</i>	<i>TS [min]</i>	<i>TO1 [min]</i>	<i>TO2 [min]</i>
Montážní stanice						
01	Nalepení štítku, naložení kusu do stanice, naskenování štítku, naložení ložiska a náboje, stisk spouštěcího tlačítka	0,319	1/1	-	0,319	-
02	Automatické zalisování ložiska a náboje	0,672	1/1	0,672	-	-
03	Přemístění těhlice na druhou pozici v montážní lince, opětovné naskenování štítku, naložení ocelové vložky a stisk spouštěcího tlačítka	0,170	1/1	-	-	0,170
04	Zalisování ocelové vložky	0,399	1/1	0,399	-	-
05	Vyložení kusu z druhé pozice montážní stanice, vložení kusu do kontrolní stanice a spuštění automatické kontroly	0,09	1/1	-	0,09	-
06	Vyložení kontrolované těhlice ze stanice	0,157	1/1	-	0,157	-
07	Automatická kontrola těhlice	0,928	1/1	0,928	-	-
08	Kontrola kusu a uložení do přepravky	0,264	1/1	-	-	0,264
09	Výměna krabice s ložisky	0,079	1/12	-	-	0,007
10	Odstranění prokladu z krabice s náboji	0,549	1/12	-	0,046	-
11	Vyměnit krabice s náboji	2,045	1/36	-	0,057	-
12	Vložení prokladu do přepravky	0,991	1/12	-	0,083	-
13	Výměna plné přepravky za prázdnou	1,962	1/36	-	0,054	-
14	Čas pro návrat od kontrolní stanice k montážní stanici	0,100	1/1	-	-	0,1

Výpočet vytížení operátora montážní linky

Před samotným výpočtem vytížení montážní linky s jedním operátorem je třeba mít na paměti, že během jednoho montážního cyklu se souběžně provede několik operací najednou. V průběhu nejdelší operace, což je automatická kontrola těhlice, je rovněž provedeno automatické zalisování ložiska a náboje (02), přemístění těhlice na druhou pozici montážní linky, naskenování štítku, naložení ocelové vložky a stisk spouštěcího tlačítka (03), zalisování ocelové vložky (04) a kontrola kusu a uložení do přepravky (08). Číslování v závorkách odpovídá číslování v Tabulce 4 na předchozí straně.

Výpočet nového montážního času předních těhlic je následující:

$$\begin{aligned} TC_{m1} &= TS_m + TO1_m = \\ &= (TS_{07}) + (TO1_{01} + TO1_{05} + TO1_{06} + TO1_{10} + TO1_{11} + TO1_{12} + TO1_{13}) = \\ &= (0,928) + (0,319 + 0,09 + 0,157 + 0,046 + 0,057 + 0,083 + 0,054) = \\ &= \underline{\underline{1,73[\text{min}]}} \end{aligned} \quad (7)$$

kde: TS_{07} = čas automatické kontroly těhlice [s], $TO1_{01}$ = čas nalepení štítku, naložení kusu do stanice, naskenování štítku, naložení ložiska a náboje, stisk spouštěcího tlačítka [s], $TO1_{05}$ = čas vyložení kusu z druhé pozice montážní stanice, vložení kusu do kontrolní stanice a spuštění automatické kontroly [s], $TO1_{06}$ = vyložení kontrolované těhlice ze stanice [s], $TO1_{10}$ = odstranění prokladu z krabice s náboji [s], $TO1_{11}$ = čas výměny krabice s náboji [s], $TO1_{12}$ = čas vložení prokladu do přepravky [s], $TO1_{13}$ = čas výměny plné přepravky za prázdnou [s].

V případě nového řešení organizace montáže a kontroly předních těhlic vychází výsledný výrobní čas (v tomto případě montážní + kontrolní) 1,73 minut. S tímto časem je možné dopočítat vytížení operátora (S_m).

$$\begin{aligned} S_m &= \frac{TO1_{01} + TO2_{03} + TO1_{05} + TO1_{06} + TO2_{08} + TO2_{09} + TO1_{10} + TO1_{11} + TO1_{12} + TO1_{13} + TO1_{14}}{TC_{m1}} = \\ &= \frac{0,319 + 0,170 + 0,09 + 0,157 + 0,264 + 0,007 + 0,046 + 0,057 + 0,083 + 0,054 + 0,1}{1,73} = \\ &= \underline{\underline{78\%}} \end{aligned} \quad (8)$$

5 Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo zefektivnit výrobu v oblasti montáže podvozkových komponentů (těhlice), které pro automobilový průmysl dodává společnost Brembo Czech s.r.o. Konkrétně tedy dosáhnout lepšího využití pracovních sil a případně i finančních úspor.

Na základě analýzy výchozího stavu layoutu, s ním spojenou aplikací Spaghetti diagramu a výpočtu využití operátorů v řešené oblasti se ukázala jako klíčová montáž předních těhlic. Z důvodu nutné kontroly navíc oproti těhlicím zadním byli v této oblasti zaměstnáni dva operátoři, jejichž využití se pohybovalo pouze kolem 50% (viz výsledky v Tabulce 3 na straně 36). Kromě nízkého využití navíc docházelo k občasným neshodám mezi těmito pracovníky (např. předčasné odebrání nedokončeného kusu ke kontrole) a tím zbytečné produkci zmetků. Jako nejlepším řešením této situace se ukázala drobná úprava layoutu a odstranění jednoho operátora z tohoto procesu, díky čemuž bylo dosaženo 78% využití zbylého operátora a samozřejmě odstranění možnosti neshody. Dalším podstatným faktem plynoucím z této úpravy je značná finanční úspora. Náklady spojené s měsíční mzdou operátorů montáže přední těhlice klesly teoreticky o 50%.

Mimo tuto úpravu se naskytl možnost velmi jednoduchého re-layoutu celé oblasti montáže těhlic, ve které se nachází čtyři obráběcí stroje, dva mycí stroje, čtyři montážní linky a dvě kontrolní stanice. Malou změnou v ustavení těchto strojů bylo umožněno přiblížení všech strojů k sobě a tím došlo ke zkrácení šířky této oblasti z původních 27 metrů na 20 metrů. Celková rozloha této oblasti byla tedy zmenšena o přibližně 25% a nově uvolněné prostory mohou být využity pro skladování hotových výrobků.

Veškeré zmíněné úpravy řešené v této práci byly ve společnosti Brembo Czech s.r.o. projednány a v současné době jsou zavedeny v praxi.

Seznam použité literatury

- [1] BOTEK, M. *Sbírka příkladů z inženýrské ekonomiky a managementu*. 2. vyd. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha, 2004. 143 s. ISBN 80-7080-544-7.
- [2] BARAN, V. *Optimalizace logistiky a organizace práce ve výrobním procesu kování: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2012, 52 s. Vedoucí práce Ing. Markéta Gregušová, Ph.D.
- [3] NOVÁK, J a ŠLAMPOVÁ, P. *Racionalizace výroby*. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Ostrava, 2007. 75 s. CZ.04.1.03/3.2.15.3/0414
- [4] ŠAJDLEROVÁ, I. *Organizace a řízení: cvičení II*. 1. vyd. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Ostrava, 2006. 85 s. ISBN 80-248-0962-1
- [5] KOŠTURIÁK, J a FROLÍK, Z. *Štíhlý a inovativní podnik*. Alfa Publishing, Praha, 2006. 240 s. ISBN 80-86851-38-9
- [6] ČVANDA, P. *Technologický projekt výroby rotačních součástí*. Brno, 2010. 82 s. Diplomová práce na Vysokém učení technickém v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce doc. Ing. Pavel Rumíšek, CSc.
- [7] *Naučte se vidět a odstraňovat plýtvání - API - Akademie produktivity a inovací s.r.o.*[online]. c2012⁵, poslední revize 17. 5. 2012 [cit. 2014-02-13]. Dostupné z <<http://e-api.cz/article/70817.naucte-se-videt-a-odstranovat-plytvani/>>

Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1 Výrobní proces [1]	11
Obrázek 2 Cíl racionalizace [2]	13
Obrázek 3 Preventivní racionalizace [3]	14
Obrázek 4 Korektivní racionalizace [4]	14
Obrázek 5 Řešení racionalizační studie [5]	15
Obrázek 6 Časy směny [6]	18
Obrázek 7 Sankeyův diagram [7]	19
Obrázek 8 Spaghetti diagram [8]	20
Obrázek 9 Freni - Brembo [9]	21
Obrázek 10 Brzdový systém F1 [10]	21
Obrázek 11 Brembo Czech s.r.o (2013) [11]	22
Obrázek 12 3D zobrazení podvozkových komponentů [12]	23
Obrázek 13 Balení předních těhlic [13]	24
Obrázek 14 Balení zadních těhlic [14]	25
Obrázek 15 Aktuální layout [15]	26
Obrázek 16 Sankeyův diagram - Aktuální hmotný tok [16]	27
Obrázek 17 Aktuální Spaghetti diagram [17]	29
Obrázek 18 Spaghetti diagram – neshoda montáže předních těhlic [18]	36
Obrázek 19 Návrh změny layoutu [19]	37
Obrázek 20 Nové řešení layoutu [20]	38
Tabulka 1 Montážní časy předních těhlic [1]	31
Tabulka 2 Montážní časy zadních těhlic [2]	34
Tabulka 3 Porovnání vytížení operátorů [3]	36
Tabulka 4 Nové časy montáže předních těhlic [4]	39