



ZVÝŠENÍ PRODUKTIVITY PRÁCE NA MONTÁŽI VOZŮ VE FIRMĚ ŠKODA AUTO A.S. MLADÁ BOLESLAV

Bakalářská práce

Studijní program: B2341 - Strojírenství
Studijní obor: 2301R030 - Výrobní systémy

Autor práce: **Jan Šáfr**
Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. František Manlig



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení	Jan Š Á F R
Studijní program	B2341 Strojírenství
obor	2301R030 Výrobní systémy
zaměření	výrobní systémy

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje bakalářská práce na téma:

Zvýšení produktivity práce na montáži vozů ve firmě Škoda Auto a.s. Mladá Boleslav

Zásady pro vypracování:

(uved'te hlavní cíle bakalářské práce a doporučené metody pro vypracování)

Cílem bakalářské práce je provést analýzu stávající montáže s důrazem na náročnost výroby jednotlivých modelů a navrhnout opatření na zvýšení její produktivity. Při zpracování bakalářské práce je vhodné využít standardní postup zpracování projektů (např. strukturovaný přístup k řešení projektů – cyklus DMAIC) a nástroje pro analýzy a zlepšování procesů (např. analýzu plýtvání, rozborů činností jednotlivých operací, MTM/MOST,...).

Doporučený postup řešení:

1. Úvod do problematiky zlepšování výrobních procesů (např. trendy v oblasti výrobních systémů, využití lean metod,...).
2. Analýza činností na stávající montážní lince, odhalení rezerv.
3. Návrhy opatření na zvýšení produktivity práce a jejich vyhodnocení.
4. Závěr a zhodnocení práce.



Forma zpracování bakalářské práce:

Rozsah průvodní zprávy 40 - 50 stran textu včetně příloh, rozsah grafických prací dle potřeby.

Seznam literatury (uved'te doporučenou odbornou literaturu):

[1] Liker, J.: Tak to dělá Toyota. Praha: Management press, 2007, s. 390. ISBN 978-80-7261-173-7

[2] Warnecke, H.-J., et al.: Fraktálový podnik. Bratislava: Slovenské centrum produktivity, 2000, s. 208. ISBN 80-968324-1-7

[3] Sixta, J. - Mačát, V.: Logistika. Brno: CP Books a.s., 2005, s. 315. ISBN 80-251-0573-3

[4] Košturiak, J. a Frolík, Z. Štíhlý a inovativní podnik. Praha: Alfa Publishing, 2006, ISBN 80-86851-38-9.

[5] Tuzemské a zahraniční časopisy

[6] Elektronická databáze článků ProQuest (knihovna.tul.cz)

[7] IPA slovník (www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovník)

Vedoucí bakalářské práce: doc. Dr. Ing. František Manlig

Konzultant bakalářské práce: Ing. Jan Vavruška – katedra výrobních systémů




Ing. Petr Zelený, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Miroslav Malý, CSc.
děkan

V Liberci dne 21. října 2013

Platnost zadání bakalářské práce je 15 měsíců od výše uvedeného data (v uvedené lhůtě je třeba podat přihlášku ke SZZ).
Termíny odevzdání bakalářské práce jsou určeny pro každý studijní rok a jsou uvedeny v harmonogramu výuky.

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

**TÉMA: Zvýšení produktivity práce na montáži vozů ve firmě
ŠKODA AUTO a.s. Mladá Boleslav**

ABSTRAKT: Tato bakalářská práce popisuje proces konečné montáže vozů s ohledem na rozdílnou pracnost montovaných modelů. Teoretická část se zabývá konceptem výrobních systémů, seznamuje s myšlenkami štihlé výroby, nástroji štihlé výroby a popisuje vznik rozdílných pracností. Praktická část vznikla na základě nepovinné praxe ve firmě ŠKODA AUTO a.s. Cílem práce je navržení zvýšení produktivity práce a následná realizace. Práce dále popisuje návrhy na redukci plýtvání vlivem rozdílných pracností.

KLÍČOVÁ SLOVA: (produktivita, štihlá výroba, pracnost, ŠKODA AUTO a.s.)

**THEME : Improvement of labour productivity on assembly line in company
ŠKODA AUTO a.s. Mladá Boleslav**

ABSTRACT: This Bachelor's thesis describes assembly process in regard to dissimilarity between labour productivity of assembled models. The theoretical part deals with manufacturing systems, instruments of manufacturing systems and describes the genesis of dissimilarity between labour productivity. The practical part has been created on voluntary experience in company ŠKODA AUTO a.s. The goal of the thesis is suggestion for improvement of labour productivity and its realization. Furthermore, the work describes suggestions for reduction of wasting, owing to dissimilarity between labour productivity.

KEYWORDS: (labour productivity, lean production, ŠKODA AUTO a.s.)

Zpracovatel: TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra výrobních systémů

Počet stran: 45
Počet tabulek: 11
Počet grafů: 8
Počet obrázků: 4

Poděkování

S úctou děkuji vedoucímu této bakalářské práce doc. Dr. Ing. Františku Manligovi, konzultantovi Ing. Janu Vavruškovi a dalším zaměstnancům katedry Výrobních systémů TU v Liberci za jejich věnovaný čas, cenné rady a věcné připomínky při vypracovávání této práce.

Dále bych chtěl poděkovat firmě ŠKODA AUTO a.s. za možnost vypracovávat tuto práci pod jejím zaštitěním, velký dík patří především oddělení průmyslového inženýrství.

V neposlední řadě děkuji mé rodině a blízkým za soustavnou podporu v průběhu studia.



Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů	9
Úvod	10
1. Teoretická východiska práce	11
1.1 Výrobní systém	12
1.1.1 Výrobní systém Škoda	12
1.1.2 Cesta produktu	13
1.1.3 Montáž a její význam ve strojírenství.....	13
1.1.4 Kvalitativní požadavky na montáž	14
1.1.5 Druhy montážních linek.....	14
1.1.6 Úskalí hromadné výroby.....	15
1.2 Štíhlá výroba.....	16
1.2.1 Zdroje plýtvání.....	17
1.2.2 Devět druhů plýtvání	18
1.3 Nástroje štíhlé výroby	19
1.3.1 Metoda 5S	19
1.3.2 TPM (Total Productive Maintenance)	20
1.3.3 SMED (Single Minute Exchange of Dies)	21
1.3.4 One Piece Flow	21
1.3.5 FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)	22
1.3.6 Poka-Yoke	22
1.4 Zeitspreizung	23
1.4.1 Vznik Zeitspreizungu.....	23
1.4.2 Výpočet vytížení pracovníka pro mix modelů.....	24



2. Praktická východiska práce.....	25
2.1 Zadání problému	26
2.1.1 Počáteční stav	26
2.1.2 Rozpad procesů a jejich operací	27
2.2 Řešení problému.....	31
2.2.1 Způsob optimalizace	31
2.2.2 Návrh přetaktování	33
2.2.3 Návrh normy obsluhy po přetaktování	35
2.3 Shrnutí a přínos optimalizace	36
2.3.1 Vyčíslení úspory	36
2.3.2 Přínos optimalizace.....	37
2.4 Návrhy redukce Zeitspreizungu	39
2.4.1 Zkrácení platnosti normy obsluhy	39
2.4.2 Zpřísnění restrikcí	40
2.4.3 Koncept a plánování nového modelu.....	40
Závěr	42
Seznam použité literatury	43
Seznam obrázků	44
Seznam tabulek	44
Seznam grafů.....	45



Seznam použitých zkratek a symbolů

5S	-	Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitskuke
E₁	-	Konečný bod montáže pro první model
E₂	-	Konečný bod montáže pro druhý model
FMEA	-	Failure Mode and Effect Analysis
MO	-	Montáž
MT	-	Montážní takt
MTM	-	Methods - Time Measurement
NO	-	Norma obsluhy
OPF	-	One Piece Flow
OV	-	Operátor výroby
S	-	Počáteční bod montážní operace pro oba modely
SMED	-	Single Minute Exchange of Dies
TPM	-	Total Productive Maintenance
VŠŠ	-	Výrobní systém Škoda
WS	-	Workshop

Úvod

V době 21. století je pro firmy stále těžší uspět v konkurenčním prostředí trhu a pro udržení konkurenceschopnosti je třeba procesy orientované na tvorbu hodnot neustále optimalizovat, zlepšovat a zeštíhlovat. Je nutné, aby tyto procesy probíhaly kontinuálně u všech zaměstnanců, a to od nejnižších operátorů výroby po nejvyšší management. Všichni tito zaměstnanci musí filozofii štíhlé výroby přijmout a řídit se jejími základními stavebními kameny.

Cílem této práce je návrh na zvýšení produktivity práce na montážní lince ve firmě ŠKODA AUTO a.s. v Mladé Boleslavi, jeho následná realizace a eliminace neproduktivních procesů v montáži. Veškerá realizace zohledňuje rozdílné pracovní modelů vozů na jedné montážní lince a jejich podíl na objemu výroby.

Teoretická část se zabývá konceptem výrobních systémů a Výrobního systému Škoda, dále seznamuje s myšlenkami štíhlé výroby, jejími nástroji a popisuje vznik Zeitspreizungu. Praktická část popisuje optimalizaci pracoviště s cílem zvýšení produktivity a návrhy na redukci plýtvání vznikající rozdílnou pracovní modelů na montážní lince.



1. Teoretická východiska práce

1.1 Výrobní systém

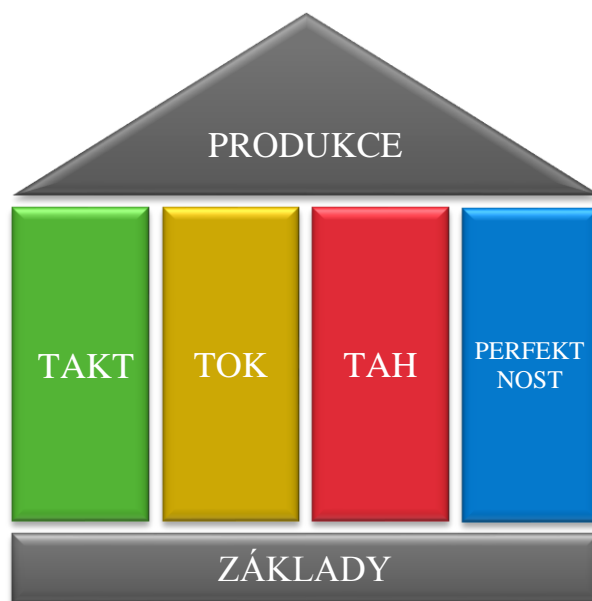
Proces výroby obsahuje všechny děje, které probíhají při člověkem řízené přeměně pracovních předmětů, jako jsou suroviny, materiály a polotovary. Je to činnost, která přeměňuje tyto pracovní předměty ve výsledný produkt, kterým může být finální výrobek, součást, díl, případně služba. K takové přeměně je třeba synergie lidské práce a pracovních prostředků. [3]

1.1.1 Výrobní systém Škoda

„Jen to nejlepší, co můžeme udělat, jest pro naše zákazníky dosti dobré.“

(Laurin & Klement, 1914)

Výrobní systém Škoda (VSS) je systém, který vychází z filozofie budování štíhlého podniku. Štíhlý podnik obecně znamená vyrábět snadněji, efektivněji, kvalitněji a levněji na základě neustálého zlepšování za účasti všech zaměstnanců podniku při dodržování všech zásad ergonomie a bezpečnosti práce. Cílem zeštíhlování je tedy především zajistit pro společnost konkurenceschopnost, synchronní výrobu orientovanou na tvorbu hodnot a trvalé zlepšování procesů. Pro naplnění těchto definic a výše uvedených cílů bylo stanoveno několik základních elementů štíhlé výroby, které v sobě zahrnují buď pevné metodické základy, nebo jsou vystavěny na principech taktu, toku, tahu a perfektnosti, viz Obr. 1. [6]



Obr. 1: Schéma synchronního podniku [6]

- TAKT - „dirigent“ udávající rytmus procesů ve firmě, zadavatelem rytmu je zákazník
- TOK - propojený tok všech procesů, informací a materiálu s minimálními definovanými zásobníky a zásobami
- TAH - tažné procesy zajišťující štíhlé postupy orientované na tvorbu hodnot
- PERFEKTNOST - perfektní postupy dodržované prostřednictvím bezchybné kvality, stop-procesu při odchylce a prostřednictvím efektivnosti

1.1.2 Cesta produktu

Impulzem pro vývoj produktu, tedy pro první důležitý krok výrobního systému, který dávno předchází samotné výrobě, je požadavek zákazníka, pro kterého bude produkt vyráběn. Zákazník bude spokojen tehdy, budou-li splněny jeho nejčastější požadavky, mezi které patří např.: maximální kvalita produktu, dostupná cena produktu, vynikající servis či krátká dodací lhůta.

Druhým krokem je plánování výroby produktu, kde je důležité přizpůsobit kapacitu výroby dle zadání prodeje a splnění všech zákonných a kvalitativních limitů.

Dále následuje krok třetí - výroba produktu. Při výrobě produktu je velmi důležité hledět, zda je splňována zákazníkem požadovaná kvalita. Podstatné je, aby bylo vyráběno tolik kusů, kolik prodej požaduje a byly plněny všechny finanční, personální a bezpečnostní limity.

Nejčastějším zakončením výrobního procesu je konečná montáž, která má velký vliv na konečnou spolehlivost a kvalitu výrobku. Drtivá většina strojírenských produktů je sestavena z jednotlivých součástí, které byly zkompleťovány v montáži. [6]

1.1.3 Montáž a její význam ve strojírenství

Montážní proces je podskupinou výrobního systému, jehož cílem je finalizace produktů. Znakem, který tento proces charakterizuje, je spojování dvou či více součástí do montážních podskupin, skupin a vyšších celků. Montáž můžeme popisovat jako soubor úkonů lidí, strojů a zařízení, které vykonávají své úkoly v daném pořadí a čase, čímž přetváří jednotlivé montážní podskupiny v konečný celek.

V podílu pracností strojírenských výrobků se 30 až 40% podíl přisuzuje právě montáži. Podobně se pohybuje i podíl z celkového počtu zaměstnanců ve výrobě, kde montáž zaměstnává 30 až 50 % pracovníků. Podíl na pracnosti se většinou snižuje u velkosériové výroby, což způsobuje hlavně vyšší stupeň mechanizace, automatizace a propracovanosti konstrukce.

Kromě samotného sestavování a montování se do konečné montáže zahrnuje i kontrola, zaběhávání, konzervace a přeprava na pracovištích. Jelikož je tento proces obvykle poslední fází ve strojírenské výrobě, jsou na něho kladeny velké kvalitativní nároky. [4]

1.1.4 Kvalitativní požadavky na montáž

Na kvalitu montáže je třeba klást stejně velký důraz jako na samotnou výrobu součástí. Nekvalitní montáž by znehodnotila kvalitně a přesně vyrobené součásti. Technologii výroby kvalitních součástí lze zhodnotit pouze kvalitní montáží a případné chyby je často možné vyloučit jednoduchým technologickým opatřením.

Vhodné konstrukční řešení a jeho větvení na montážní skupiny a podskupiny vede ke snižování nákladů montážního procesu. To je důvod, proč je podstatné zabývat se touto problematikou a navrhnout jednoduché způsoby spojování součástí, volit takové uložení, aby nebylo nutné součásti lícovat a používat typizované a unifikované součásti.

1.1.5 Druhy montážních linek

První montážní pás, který se pohyboval, se poprvé objevil ve 20. letech 20. století v Detroitu v automobilce Henryho Forda. Tento pás sloužil jako spojovací článek mezi jednotlivými pracovišti a montáž byla prováděna podél pásu v daném technologickém sledu. Pohybujícímu se montážnímu pásu předcházela manipulace ruční, která sice splňovala požadavky produktivity, ale byla nevyhovující pro montážní dělníky. Nahrazení této práce mechanizací se dá považovat za revoluci ve výrobě.

Montážní linka je množinou pracovišť rozmístěných dle technologického postupu daného produktu. Tyto pracoviště jsou logisticky propojeny a určeny k provádění daných operací. Montážní linky můžeme rozdělovat dle několika hledisek:



-
- Dle využití mechanizace:
 - bez mechanizace
 - polomechanizované linky
 - automatizované linky

 - Dle pohybu výrobku:
 - stacionární linky
 - linky s pohybujícím se výrobkem
 - pohyb výrobku až po ukončení operace
 - pohyb výrobku soustavný

 - Dle způsobu montáže:
 - přímo na dopravníku
 - mimo dopravník

 - Dle prostorového uspořádání:
 - jednoduché linky
 - rozvětvené linky

 - Dle montážního taktu:
 - s pevným (vázaným) montážním taktem
 - s volným (nevázaným) montážním taktem

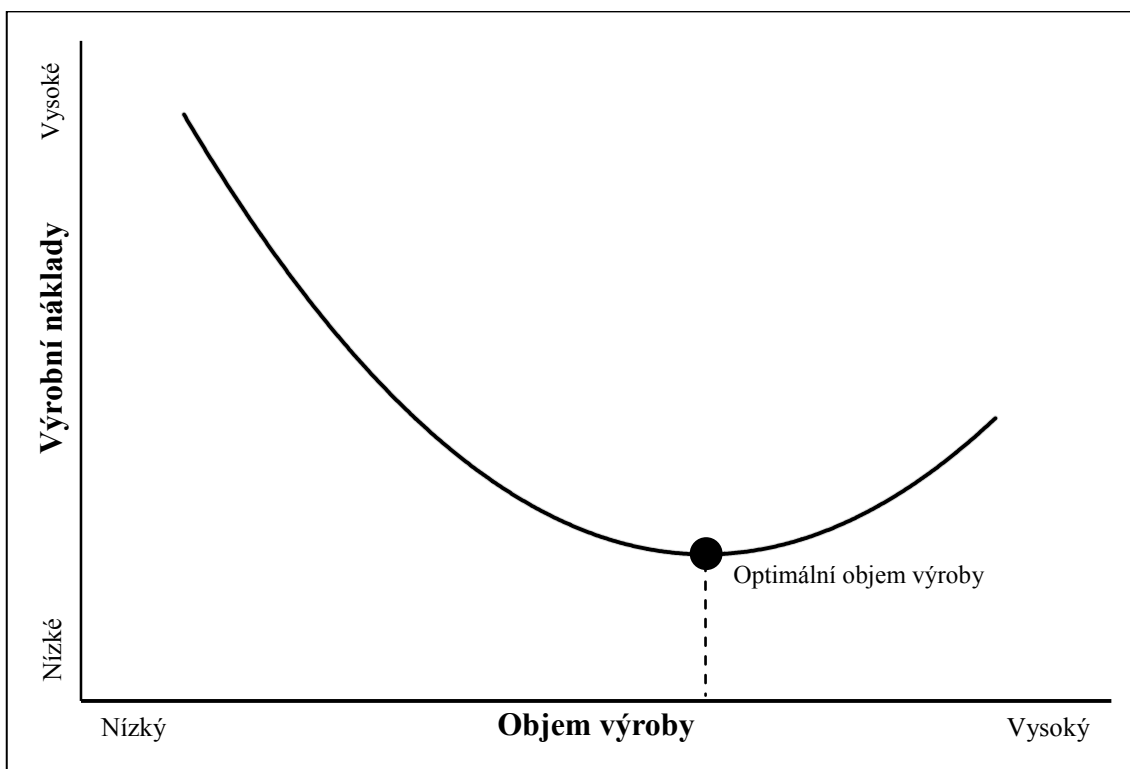
 - Dle počtu modelů na lince:
 - jednomodelová linka
 - více modelová linka

V závodě, o kterém tato bakalářská práce pojednává, se jedná o montážní linku, která je automatizovaná, výrobek se pohybuje po lince (až na výjimky nečeká na dokončení operace a kontinuálně pluje tokem linky), montáž se z větší části provádí přímo na dopravníku s pevným montážním taktem a jsou zde montovány dva modely vozů. [4]

1.1.6 Úskalí hromadné výroby

Největším problémem hromadné výroby, která funguje na principu pásového dopravníku, je nepružnost celého systému. Jelikož je vyžadována maximální efektivita, je vše detailně podřízeno danému typu produktu. Konstrukční změny, modelová péče a další nové modely, které mají být vyráběny na stejné lince, musí být konstrukčně navrhovány s ohledem na stávající stav, jinak dojde k tomu, že bude nutné drahé stroje a nástroje modifikovat či nahradit, což je velmi nákladná záležitost.

Výrobní linka je obvykle nastavena na určitý objem výroby tak, aby byla při daném objemu co nejefektivnější (viz Graf 1). Pokud je výrobní požadavek na nižší úrovni, než je optimální objem výroby, dochází k nevytížení strojů a operátorů výroby. Při vyšším výrobním požadavku musí operátoři výroby nejčastěji pracovat přesčas a dochází k poruchám strojů z důvodu nedostatečné údržby, s čímž souvisí nárůst výrobních nákladů. [7]



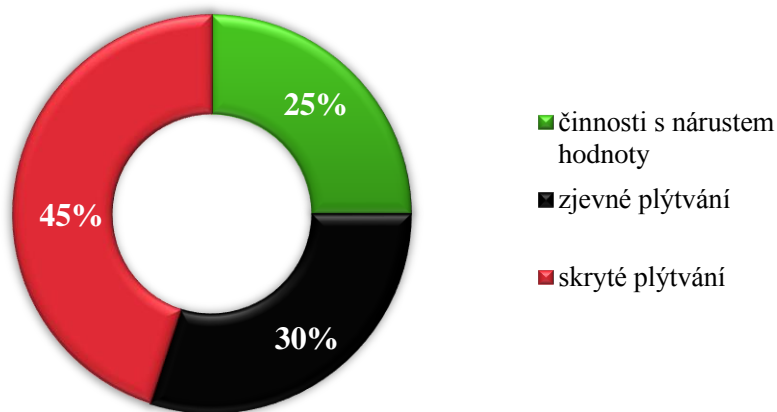
Graf 1: Závislost výrobních nákladů na objemu výroby [7]

1.2 Štíhlá výroba

Štíhlá výroba je přístup k výrobě, který si klade za cíl identifikovat a zamezit plýtvání cestou neustálého zlepšování. Plýtvání s sebou přináší navyšování výrobních nákladů a jeho systematické potlačování vede k snižování nákladů. Při odstraňování plýtvání je však stále nutné pamatovat na požadavky zákazníka, které v některých případech odstranit nelze. Na takové plýtvání je třeba brát zřetel a v konečné ceně zahrnout vícenáklady tímto plýtváním způsobené.

1.2.1 Zdroje plýtvání

Plýtvání je opakem přidané hodnoty a jsou v něm zahrnuty všechny činnosti, za které zákazník neplatí. Identifikovat zdroje plýtvání, tedy opak přidané hodnoty, je prvním krokem štihlé výroby. [2]



Graf 2: Plýtvání a činnost s nárůstem hodnoty [6]

- výrobek získává větší hodnotu, zákazník je za tyto činnosti ochoten zaplatit
- příklad: šroubování, nýtování, spojování, přichycení
- cíl: zvýšení podílu činností s nárůstem hodnoty
- činnosti nezvyšující hodnotu výrobku, zákazník není ochoten tyto činnosti zaplatit
- příklad: nadvýroba, repase, prověřování, vybalování dílů
- cíl: úplné odstranění zjevného plýtvání
- výrobek nezískává větší hodnotu, činnost se musí za daných procesních podmínek provádět, ale zákazník není za tyto činnosti ochoten zaplatit
- příklad: transport dílů, manipulace s nástroji, manipulace s obaly, cesty, chůze
- cíl: redukce na minimum

1.2.2 Devět druhů plýtvání

VSŠ v současné době rozlišuje 9 druhů plýtvání:

1. Nadprodukční plýtvání znamená, že výrobky, služby a informace jsou připraveny dříve, rychleji a ve větších objemech, než interní nebo externí zákazník požadoval. Nadprodukcí není možné prodat a dochází k zbytečnému skladování. Příkladem nadvýroby jsou plné zásobníky.

2. Nadbytečné zásoby jsou důsledkem nadprodukčního plýtvání. Každý skladovaný kus rozpracované výroby zabírá prostor, který by se dal lépe využít tak, aby přidával hodnotu. Nadbytečné skladování také ztěžuje zpětnou identifikaci zmetků, což má negativní dopad na kvalitu. Příkladem jsou zastavené dopravní plochy, zaprášené díly, dlouhé přepravní cesty.

3. Čekací doby vznikají tam, kde dochází k překážení si lidí navzájem nebo k blokadě strojů, které na základě dané skutečnosti provádí jim určené činnosti pracovního procesu. Příkladem je čekání na přeseřízení stroje, čekání na materiál, čekání na osobu pro společné provedení práce.

4. Plýtvání pohybem zahrnuje veškerý pohyb za účelem vyzvednutí či odložení nástrojů, dílů, předání informací nebo pohyb člověka při manipulaci s ovladači nebo se strojem v procesu. Zbytečné pohyby jsou zapříčiněny nevhodným uspořádáním pracoviště. Příkladem plýtvání pohybem je dlouhá chůze, přenášení dílů a nástrojů, manipulační cesty robotů.

5. Neergonomické pracovní postupy vedou k vedlejším tělesným zátěžím, vícepracím a ke ztrátě motivace a síly zaměstnance pro danou práci. Příkladem plýtvání neergonomickým pracovním postupem je práce nad hlavou nebo v předklonu, hluková zátěž na pracovišti, nošení velkých břemen.

6. Plýtvání přepravou mezi procesy vzniká nadvýrobou, odchýlením se od plánovaných procesů, nedostatečně plánovanými toky hodnot a nedostatečným vytyčením zásob. Příkladem jsou několikanásobné manipulace s díly, dlouhé přepravní cesty, přeplněné sklady.

7. Zbytečné procesy představují všechny problémy a z toho vyplývající aktivity, které mohou vznikat během prováděné činnosti. Příkladem jsou duplicitní činnosti, několikanásobné zkoušení.

8. Komunikace slouží k výměně informací a je nutná pro každodenní práci. Nedostatečná komunikace může vést ke ztrátě zákazníka či pracovníka. Přílišná komunikace je však plýtváním taktéž. Příkladem jsou chybějící informace na pracovišti, opakovaně kladené dotazy, zastaralé podklady.

9. Plýtvání chybou a repasí znamená dodatečnou námahu, čekací dobu či úplné zastavení procesu. Tyto opravy a repase jsou velmi časově, energeticky i materiálově nákladnou činností. V případě nutnosti musí být oprava prováděna mimo montážní linku pod dohledem odpovědného pracovníka a opravený produkt musí být znovu podroben všem kontrolám a testům. Prioritou je prodávat produkty přímo z výrobní linky, nikoliv z repasních pracovišť. Příkladem jsou zmetky, záměny, opakující se kvalitativní problémy. [2], [6]

1.3 Nástroje štíhlé výroby

Nástroje štíhlé výroby jsou ty, které se soustředí na výrobní pracoviště, linky, stroje a operátory výroby. Používáním těchto nástrojů bude zajištěna stabilní, flexibilní a standardizovaná výroba. Mezi základní nástroje patří těchto několik metod.

1.3.1 Metoda 5S

Metoda 5S je stavebním kamenem všech štíhlých systémů. Tato metodika se poprvé objevila v Japonsku a řadí se do ní pět kroků, jejichž začáteční písmena symbolizují 5S: Seiri (separovat), Seiton (systematizovat), Seiso (stále čistit), Seiketsu (standardizovat) a Shitskuke (sebedisciplína).

Cílem **separace** je rozlišit položky na ty, které na pracovišti být musí, mohou být odstraněny a musí být odstraněny. Pro roztřídění se řídíme pravidly Paretovy analýzy, kde do skupiny A zařadíme denně používané položky, do skupiny B týdně nebo měsíčně používané položky a do skupiny C řadíme položky užívané výjimečně.

Účelem **systematizace** je najít umístění pro položky, které byly vytříděny v předchozím kroku. Položky musí být umístěny tak, aby byly snadno odběratelné, použitelné a snadno se vracely zpět. Místo umístění je vybráno dle frekvence používání a je vizuálně označeno tak, aby bylo na první pohled zřejmé, zda je položka na správném místě.

Třetím krokem jsou definována pracoviště, která potřebují **stále čistit**. Při čištění je třeba zamyslet se nad tím, co znečištění způsobuje a pokusit se mu předejít. Čištění je rovněž formou kontroly.

Účelem čtvrtého kroku **standardizace** je vytvoření takového standardu pracoviště, aby bylo zabráněno nedbalostem a byl tento standard dodržován. Takto nastavené pracoviště by mělo být pravidelně kontrolováno, zda se neodlišuje od nastaveného standardu a případné odchylky by měly být ihned napraveny.

U posledního kroku je kladen důraz na **sebedisciplinu** pracovníků, a to především na jejich smysl pro pořádek, přesnost a preciznost. Konají se pravidelné školení a audity, které vedou k zlepšování současného stavu. [8]

1.3.2 TPM (Total Productive Maintenance)

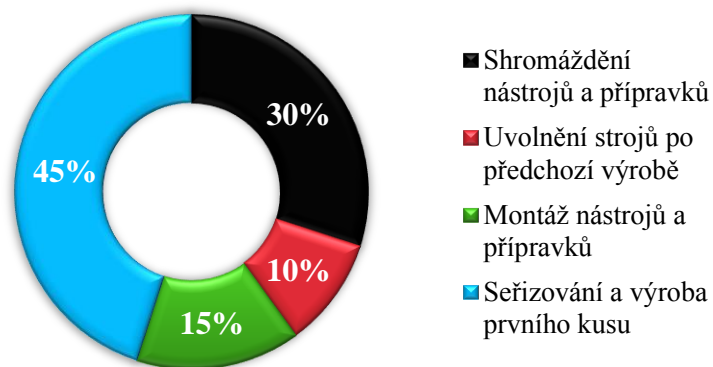
Metoda TPM je kontinuální proces, který vede pomocí produktivní údržby za účasti všech pracovníků k optimálnímu využívání zařízení. Dodržováním kroků této metody je dosaženo vysoké efektivity zařízení po celou dobu jejich provozu, a to především předvídavou údržbou. Každý pracovník převezme plnou zodpovědnost za své zařízení a poruchám předchází pravidelnou údržbou, inspekcí a čištěním.

Stěžejním pilířem tohoto nástroje je tzv. autonomní (samosprávná) údržba. Nouzovým opravám zařízení se snažíme předcházet skutečnou údržbou a vždy hledáme příčiny poruchy stroje. Kontinuální produkci zajistíme pravidelným čištěním, mazáním a servisem stroje. Včasná a správná diagnóza zabrání rozvoji problému.

Náklady na údržbu výrobních zařízení představují v průmyslově vyspělých státech 12 až 15 % HDP. Roční náklady na údržbu strojů představují 5 až 10 % z obrátu firem. [8], [9]

1.3.3 SMED (Single Minute Exchange of Dies)

Podstatou této metodiky je zkracování časů přetypování (čas od vyrobení posledního kusu předchozího výrobku po vyrobení prvního dobrého kusu připravované výroby) pod hodnotu deseti minut, což odpovídá jednocifernému číslu (single minute). Zkrátit čas přetypování je možné vyvarováním se plýtvání, čímž se také zlevní výroba a zvýší flexibilita procesu.



Graf 3: Podíl časů při přetypování [5]

Činnosti přetypování se dělí na interní a externí, přičemž interní činnosti jsou ty, které se provádí v klidovém stavu stroje a externí činnosti se provádí za jeho chodu. Cílem je přesunout co nejvíce interních činností do externích. Z interních činností se snažíme eliminovat hlavně plýtvání, jako je čas chůze (pro nástroje, pro materiál), čas nastavení (měřidel), čas hledání (přípravků) a čas čekání (na paletu, na jeřáb). [5], [8]

1.3.4 One Piece Flow

Metoda One Piece Flow (tok jednoho kusu) synchronizuje toky výrobků, které přechází mezi operacemi bez čekání. V daném čase je na jednom zařízení vyráběn pouze jeden výrobek, který po dokončení ihned pokračuje na další operaci.

Pro výrobu produktu tímto způsobem musí být splněno několik pravidel. Výrobní kapacity jsou založeny na cyklovém čase a takt je diktován zákazníkem. Výroba se musí koncentrovat především na montážní procesy, kde oddělení montáže dostává nejnovější požadavky zákazníka. Tyto požadavky již nepředává dále, ale pouze rozesílá objednávky na doplnění materiálu potřebného pro konkrétní montážní proces. Dalším

pravidlem je vhodnost produktu pro OPF výrobu, jelikož tato metoda většinou není vhodná pro produkty s krátkým cyklovým časem a v neposlední řadě musí této metodě odpovídat i layout podniku.

Přínosem této metody je snížení rozpracovanosti výroby a průběžné doby výroby. Přináší také redukci výrobních ploch a možnost rychlé reakce na případné závady a zmetkovitost. [8], [9]

1.3.5 FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

Metoda FMEA je pokročilý kvalitativní nástroj využívaný především v předvýrobním procesu, který se snaží v co nejranější fázi předejít, identifikovat a odstranit možné závady a chyby produktu. Zkušenosti ukazují, že použitím této metody je možné odhalit 70 až 90 % možných neshod.

Diskutované příčiny se bodově hodnotí dle hlediska možného výskytu chyb a dle šance na odhalení chyb stávajícím systémem kontroly. Výsledkem je míra rizika, která ukazuje, na která preventivní opatření je třeba se zaměřit. Důležitým předpokladem pro úspěšnou aplikaci FMEA je užívání praktik štíhlé výroby, jako jsou týmová práce, Paretova analýza, Ishikawa diagram a důležitá je také podpora managementu společnosti. [8], [9], [10]

1.3.6 Poka-Yoke

Japonský nástroj Poka-Yoke (Poka - neúmyslná chyba, Joke - zmenšení) se snaží předcházet chybám člověka, nebo tyto případné chyby okamžitě rozpoznat, identifikovat a upozornit na ně, čímž se výrazně předchází plýtvání. Příkladem Poka-Yoke mohou být tvarově nebo barevně upravené součásti, které prakticky znemožní chybnou montáž a záměnu. Další možností jsou naváděcí systémy, jako je například systém Pick to light.

Systém Pick to light funguje tak, že se nad regálem s položkou, která je třeba odebrat, rozsvítí signalizační světlo. Toto světlo zhasne poté, co senzor zaznamená pohyb ruky operátora výroby, který odebere danou položku. V případě odebrání špatné položky je pohyb zaznamenán a rozezná se varovný signál. [8], [9]

1.4 Zeitspreizung

„You can have any colour as long as it is black.“

(Henry Ford, 1909)

Výše uvedený citát Henryho Forda svědčí o tom, že na začátku průmyslové výroby automobilů, tedy začátkem dvacátého století, se na variabilitu a rozmanitost vyráběných vozů nehledělo a všechny vozy, které opouštěly tehdejší výrobní linky, vypadaly téměř identicky. Tenkrát byl Henry Ford toho názoru, že žádný výrobní závod není tak velký, aby vyráběl více než jeden výrobek.

V dnešní době je realita diametrálně odlišná a téměř všichni velkosérioví výrobci mají snahu se maximálně přizpůsobit požadavkům jednotlivých zákazníků. Každý zákazník má jiné nároky na vůz, proto musela vzniknout široká nabídka variant, mezi kterými si zákazník může vybrat (barva, motorizace, výbava). Zákazník si totiž chce koupit právě takový produkt, který bude přesně odpovídat jeho individuálním potřebám, a těm se dnes musí všichni výrobci přizpůsobit.

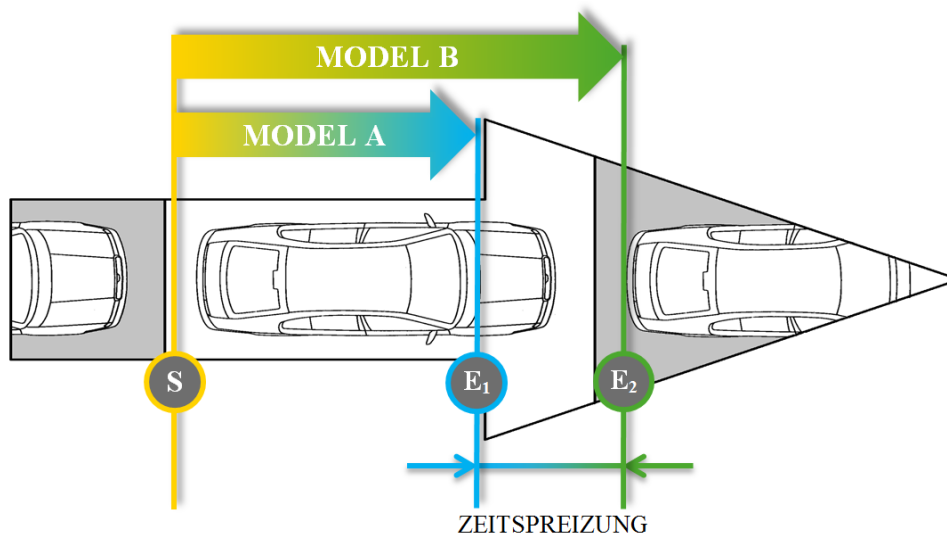
Tento fakt můžeme pozorovat u většiny výrobců automobilů, kteří ještě v sedmdesátých letech dvacátého století nabízeli pouze pár modelových řad a zákazník tak neměl příliš na výběr. Dnes nabízí několikanásobně více různých modelových řad od malých automobilů po luxusní limuzíny a desítky derivátů těchto modelů.

1.4.1 Vznik Zeitspreizungu

Požadavek na velké množství modelů a jejich derivátů s sebou přináší tu skutečnost, že se na jedné montážní lince montuje více než jeden model. V praxi tedy dochází k tomu, že jsou na jednom pracovišti střídavě montovány různé modely vozů a různé deriváty těchto modelů.

V závislosti na modelu se mohou montážní úkony a jejich časové náročnosti lišit. Operátor výroby tak stále pracuje ve stejném taktu linky, jeho vytížení se však v závislosti na aktuálním modelu mění a dochází tak k jevu, který je nazýván německým slovem Zeitspreizung (Zeit = čas, Spreizung = rozpětí).

Vznik popisovaného jevu můžeme sledovat na obrázku Obr. 2, kde operátor výroby zahájí montáž pro MODEL A v bodě „S“ (na začátku daného montážního taktu) a ukončí ji v bodě „E₁“. Montáž pro MODEL B je zahájena také v bodě „S“, ukončena je ovšem v bodě „E₂“. Mezi body „E₁“ a „E₂“ tak vznikne časový rozdíl – Zeitspreizung.



Obr. 2: Grafické vyobrazení Zeitspreizungu v montáži

1.4.2 Výpočet vytížení pracovníka pro mix modelů

Tyto výkyvy montážního času mají pro produkční společnost nepříznivé vlivy, co se především efektivity a využitelnosti týče. Zeitspreizung je také negativním jevem i z pohledu zaměstnanců. Jak lze vidět na Obr. 5, OV je pro MODEL B vytížen na více než 100 %, což může být pro zaměstnance stresující a vést k větší chybovosti.

Pro výpočet vytížení pracovníků modelového mixu je užíván vzorec (1), který poměrově zohledňuje počty kusů jednotlivých modelů v montáži:

$$\frac{(T_A \cdot KS_A) \cdot (T_B \cdot KS_B)}{(KS_A + KS_B)} \cdot 100 = X [\%] \quad (1)$$

- T_x představuje časovou náročnost operace pro daný model
- KS_x představuje počet kusů jednotlivých modelů v daném období

Z výše uvedeného (1) vyplývá, že vytížení pracovníka pro jeden model může být větší než 100 %, ovšem za podmínky, že vytížení pro další model je dostatečně malé, aby bylo dodrženo $X < 100 \%$.



2. Praktická východiska práce

2.1 Zadání problému

Vedoucím provozu bylo určeno prověřit sled operací v sedmém montážním týmu. Hlavním úkolem bylo sjednocení počtu pracovníků pro konečnou montáž MODELU A a MODELU B s platností od začátku nadcházejícího měsíce.

2.1.1 Počáteční stav

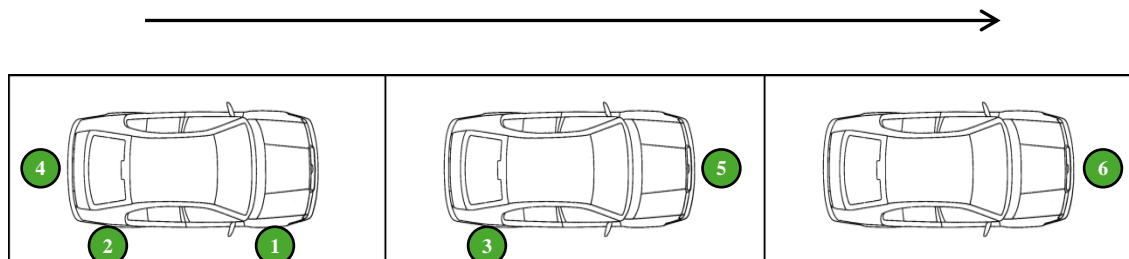
Mezi základní předpoklady tohoto pracoviště patří následující údaje:

Tab. 1: Základní předpoklady pracoviště před optimalizací

Takt linky (současný)	1,7 minuty
Takt linky (nadcházející)	1,7 minuty
Poměr MODEL A : MODEL B (současný)	2,4A : 1B
Poměr MODEL A : MODEL B (nadcházející)	1,76A : 1B
Technické opatření v operaci 2	0,87 min/vůz → 0,65 min/vůz

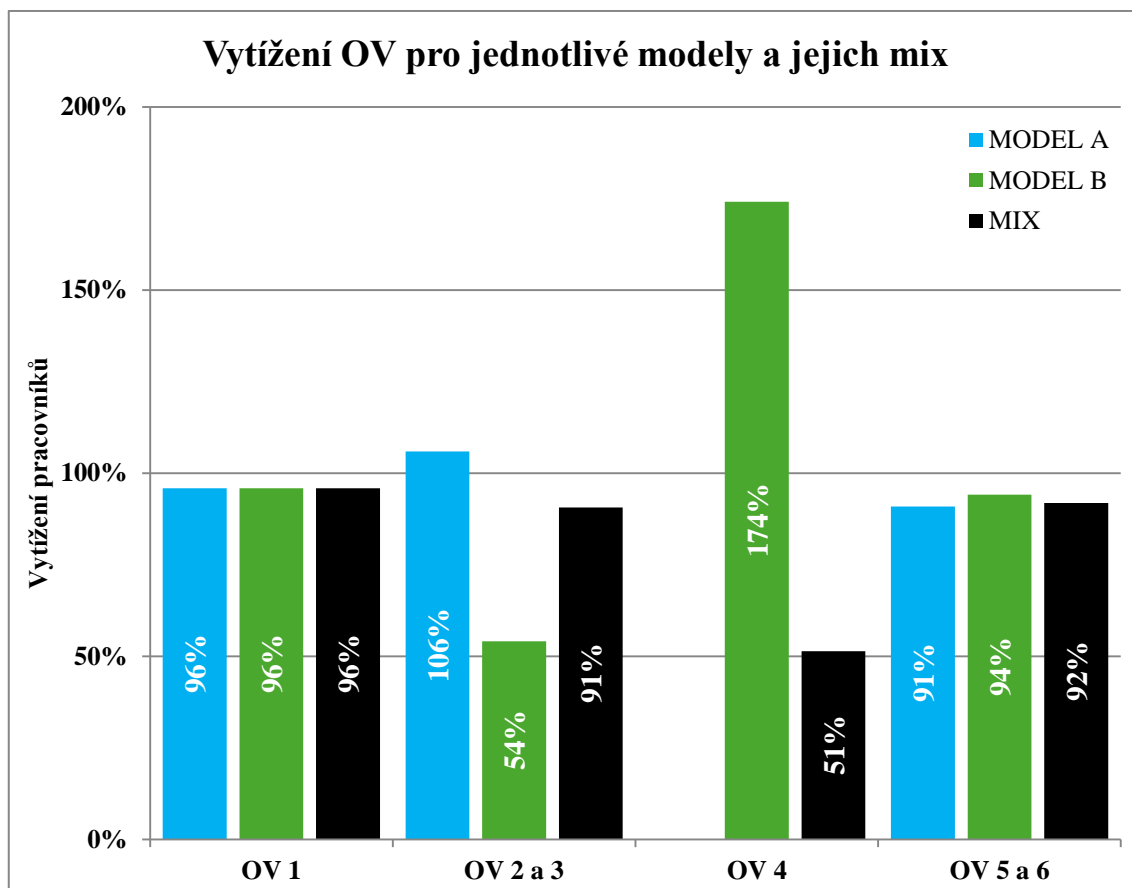
Takt montážní linky je nastaven na 1,7 minuty a se stejným taktem je počítáno i pro následující měsíc (všechny časové údaje jsou násobeny zavádějícím koeficientem z důvodu ochrany dat společnosti). Objem výroby zůstane pro nadcházející měsíc stejný, měnit se bude poměr montáže modelů, a to ze stávajícího poměru 2,4A : 1B na poměr 1,76A : 1B. Montáž MODELU B tedy následující měsíc stoupne o 23 %. Další změna platná od následujícího měsíce je technologické opatření v operaci 2 (viz Tab. 1), které snižuje časovou náročnost operace 2 z hodnoty 0,87 min/vůz na hodnotu 0,65 min/vůz.

Dle dodaných podkladů pracuje sedmý tým na třech montážních taktech. V týmu pracuje 6 operátorů výroby, přičemž OV 2 a 3 musí z důvodu časových náročností operací pracovat přes dva montážní takty. Stejná situace je také u OV 5 a 6, viz Obr. 3.



Obr. 3: Vizualizace sledovaného úseku s jednotlivými OV před optimalizací

V Grafu 4 je vyobrazeno vytížení jednotlivých OV před optimalizací. Modré sloupce znázorňují vytížení OV pro MODEL A, zelené sloupce znázorňují vytížení OV pro MODEL B a černé sloupce znázorňují vytížení OV pro mix obou modelů v poměru 2,4A : 1B.



Graf 4: Diagram vytíženosti OV před optimalizací

Již při kontrole vytížení operací v sedmém týmu byl identifikován potenciál ve vytížení OV 4, jehož mixové vytížení dosahuje 51 %. Vizualizace Grafu 4 dokazuje nejvýraznější faktor Zeitspreizungu u OV 4, který je vytížen pouze pro model B, čímž dochází k nejvýraznějšímu plýtvání (viz kapitola 1.2.2).

2.1.2 Rozpad procesů a jejich operací

Všechny uvedené časy jsou dodány na základě normy obsluhy pro daný měsíc (všechny časy jsou vždy vynásobeny zavádějícím koeficientem z důvodu ochrany dat společnosti).

Celý proces byl sledován přímo na pracovišti a mimo samotného vytížení pracovníku byl také kladen důraz na úspory energií a další plýtvání.

V sedmém pracovním týmu byli sledováni tito operátoři výroby:

OV 1 provádí 4 operace, které jsou pro oba modely totožné. Jedná se o tyto operace:

- nýtování matic do podélníku
- montáž palivového potrubí
- montáž přichytky brzdových trubek na podlaze
- montáž těsnění palivového potrubí

Tento pracovník je v mixu modelů vytížen na 96 %. Vzhledem k shodné časové náročnosti obou modelů zde nedochází k Zeitspreizungu.

Tab. 2: OV 1 [6]

Číslo op.	Operace	MODEL A		MODEL B			
		Čas [min]	Zást.	Čas [min]	Čas [min]	Zást.	Čas [min]
1	Nýtování matic do podélníku	0,66	5%	0,03	0,66	5%	0,03
2	Montáž palivového potrubí	0,87	100%	0,87	0,87	100%	0,87
3	MO přichytky brzd. potrubí na podlaze	0,46	100%	0,46	0,46	100%	0,46
4	MO těsnění palivového potrubí	0,27	100%	0,27	0,27	100%	0,27
				1,63			1,63

OV 2 a 3 provádí 3 operace pro MODEL A a 2 operace pro MODEL B. Jedná se o následující operace:

- montáž levé a pravé zadní brzdové trubičky
- montáž pravé zadní brzdové hadice + ustavení el. senzorů ABS (MODEL A)
- rozvedení a uchycení elektroinstalace lambda sondy

Vytížení těchto pracovníků v mixu modelů je 91 % a dochází zde k výraznému Zeitspreizungu.

Tab. 3: OV 2 a 3 [6]

Číslo op.	Operace	MODEL A			MODEL B			
		Čas [min]	Zást.	Čas [min]	Čas [min]	Zást.	Čas [min]	
5	Montáž L+P brzdové trubičky	1,80	100%	1,80	1,28	100%	1,28	
6	MO PZ brzd. had. + senzor ABS	1,24	100%	1,24	-	-	-	
7	MO elektroinstalace lambda sondy	0,56	100%	0,56	0,56	100%	0,56	
				3,60				1,84

OV 4 je vytížen na 51% a pouze pro MODEL B provádí 5 následujících operací:

- kompletace držáku s pravou zadní brzdovou hadicí
- montáž kompletu držáku a pravé zadní brzdové hadičky do vozu
- fixace pravé zadní brzdové hadice
- montáž rozpěrných matic pro zadní nárazník
- příprava pravé zadní brzdové trubičky

Dochází k nejvýraznějšímu Zeitspreizungu ze všech sledovaných pracovníků.

Tab. 4: OV 4 [6]

Číslo op.	Operace	MODEL A			MODEL B			
		Čas [min]	Zást.	Čas [min]	Čas [min]	Zást.	Čas [min]	
8	Kompletace držáku s PZ brzd. hadicí	-	-	-	0,56	100%	0,56	
9	MO kompletu držáku a PZ brzd. h.	-	-	-	0,90	100%	0,90	
10	Fixace PZ brzd. hadice	-	-	-	0,26	100%	0,26	
11	MO rozpěrných matic pro Z nárazník	-	-	-	0,49	100%	0,49	
12	Příprava PZ brzdové trubičky	-	-	-	0,75	100%	0,75	
				0,00				2,96

OV 5 a 6 provádí 7 operací pro MODEL A a 6 operací pro model B. Operace společně pro oba modely jsou téměř identické. Jedná se o následující operace:

- zapojení brzdového potrubí na hlavní brzdový válec (MODEL A)
- zapojení brzdového potrubí na jednotku
- zapojení svorkovnice ABS
- montáž vymežovací příchytky brzdového potrubí
- montáž držáku svorkovnice
- demontáž dorazu kapoty pro pravou stranu
- demontáž dorazu kapoty pro levou stranu

Tito pracovníci jsou v mixu modelů vytíženi na 92 % a faktor Zeitspreizungu je zde minimální.

Tab. 5: OV 5 a 6 [6]

Číslo op.	Operace	MODEL A			MODEL B			
		Čas [min]	Zást.	Čas [min]	Čas [min]	Zást.	Čas [min]	
13	Zap. brzd. potrubí na hl. brzdový válec	1,12	1%	0,01	-	-	-	
14	Zap. brzd. potrubí jednotku ABS	2,00	99%	2,00	2,05	100%	2,05	
15	Zapojení svorkovnice ABS	0,32	100%	0,32	0,32	100%	0,32	
16	MO vymežovací příchytka brzd. potrubí	0,19	100%	0,19	0,26	100%	0,26	
17	Montáž držáku svorkovnice	0,46	20%	0,09	0,43	20%	0,09	
18	Demontáž dorazu kapoty PS	0,24	100%	0,24	0,24	100%	0,24	
19	Demontáž dorazu kapoty LS	0,24	100%	0,24	0,24	100%	0,24	
				3,09				3,20

Uvedené časy jsou převzaty z MTM-UAS analýzy (univerzální analyzační systém pohybových cyklů). V průběhu řešení problému byla prováděna chronometráž, která tyto časy potvrdila.

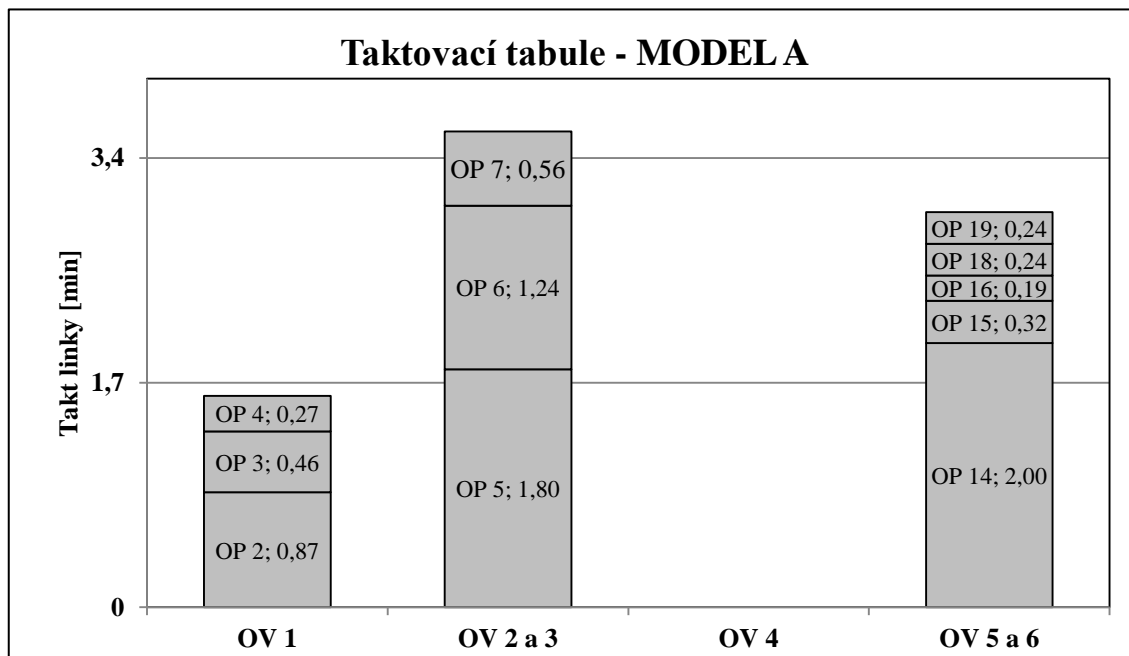
2.2 Řešení problému

Z výše uvedeného vyplynulo, že nejvíce nevyhovující vytížení je u OV 4, kde současný stav vyžaduje provádět přípravu kompletu a následnou zástavbu brzdového vedení do karoserie pouze pro MODEL B. Dochází tak k velké nerovnoměrnosti vytížení pracovníka, který je sice pro MODEL B vytížen na 174 %, ovšem pro MODEL A vytížen není, což je značné plýtvání v podobě čekacích dob (viz. Kapitola 1.2.2)

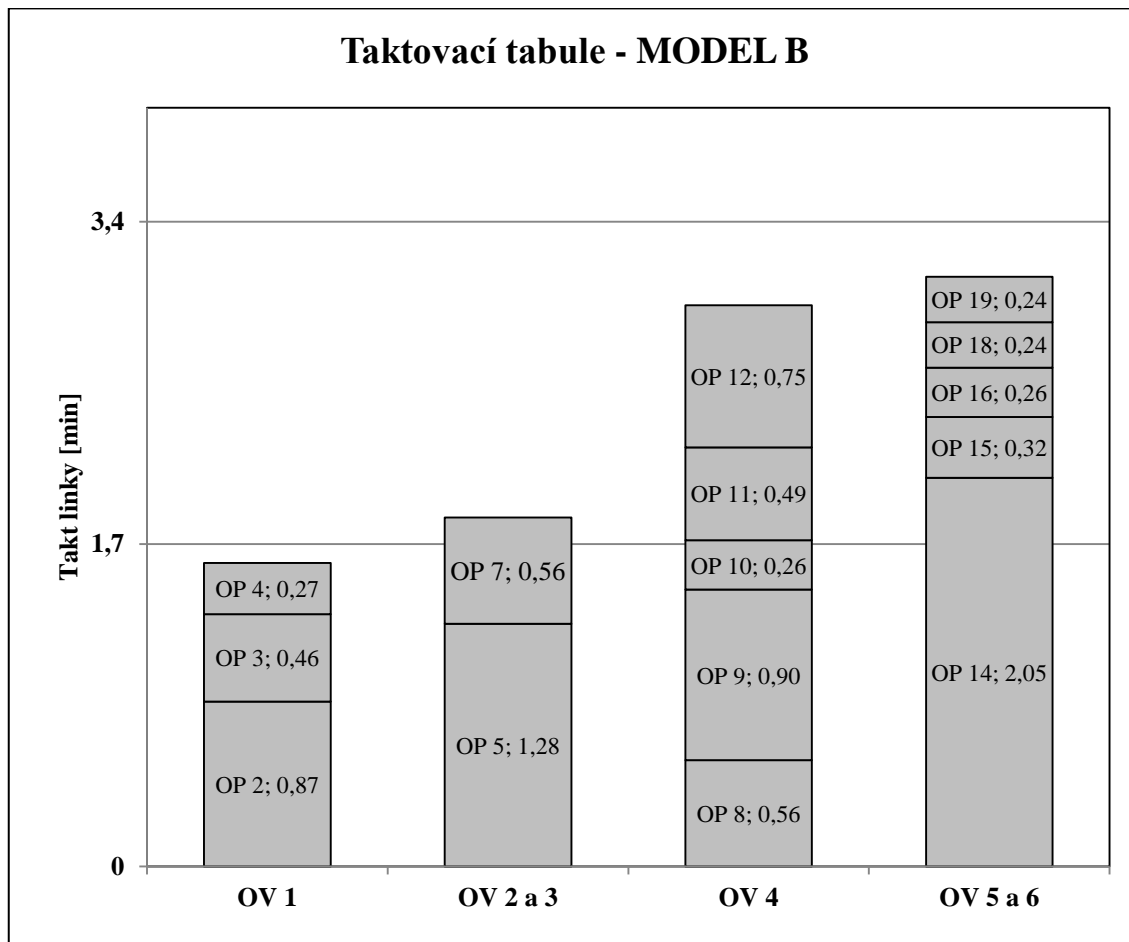
Jako další druh plýtvání je identifikována operace 8 - kompletace držáku s pravou zadní brzdovou hadicí pro MODEL B. Na hlavní montážní lince by neměla být prováděna předmontáž a veškeré součásti vyžadující předmontáž by měly být kompletovány mimo hlavní montážní linku. Tyto činnosti je možné převádět například na dodavatele.

2.2.1 Způsob optimalizace

Vzhledem k tomu, že se jedná o montáž v modelovém mixu, byly pro každý model vytvořeny dvě taktovací tabule (viz Graf 5 a Graf 6) s původním stavem týmu. Tyto taktovací tabule byly sestaveny jako skládaný sloupcový diagram, aby bylo možné přehledně vizualizovat přesuny operací mezi jednotlivými pracovníky. Pro větší přehlednost jsou v taktovací tabuli zahrnuty pouze časy s větší než 20% zástavbovostí.



Graf 5: Vizualizace taktovací tabule pro MODEL A před optimalizací



Graf 6: Vizualizace taktovací tabule pro MODEL B před optimalizací

Pro vyřešení problému nevytíženosti OV 4 v rámci modelového mixu byl jednoznačně definován cíl v podobě přetaktování operací OV 4 mezi další pracovníky v sedmém týmu. Při přetaktování jednotlivých operací je nutné se držet několika zásad, které pomáhají eliminovat základní druhy plýtvání.

Podstatné je, aby přetaktování operací proběhlo s ohledem na technologický sled operací. Výhodné je například sloučit cesty dvou operací, čímž zmenšujeme plýtvání pohybem a dojde k ušetření cesty, tedy k redukci času neproduktivních činností, které konečnému výrobku hodnotu nepřidávají. Samozřejmostí je také hodnota konečného vytížení OV v modelovém mixu, která nesmí překročit hranici 100 %.

2.2.2 Návrh přetaktování

V této kapitole bude navrženo přetaktování jednotlivých operací OV 4 mezi členy týmu.

Úkolem u **operace 8** (kompletace držáku s pravou zadní brzdovou hadicí) bylo její přesunutí z hlavní montážní linky nejlépe na dodavatele, jelikož kompletace na hlavní montážní lince je považována za plýtvání. Přesun na dodavatele byl však zamítnut z důvodu případného navýšení ceny dodavatelem, proto byla operace přesunuta do 8 metrů vzdáleného supermarketu, kde byl dovytížen pracovník supermarketu. V této operaci byl shledán potenciál pro další modely v převedení předmontáže přímo na dodavatele. Kompletace držáku s pravou zadní brzdovou hadicí probíhá v supermarketu za použití technologie Pick to light (viz kapitola 1.3.6).

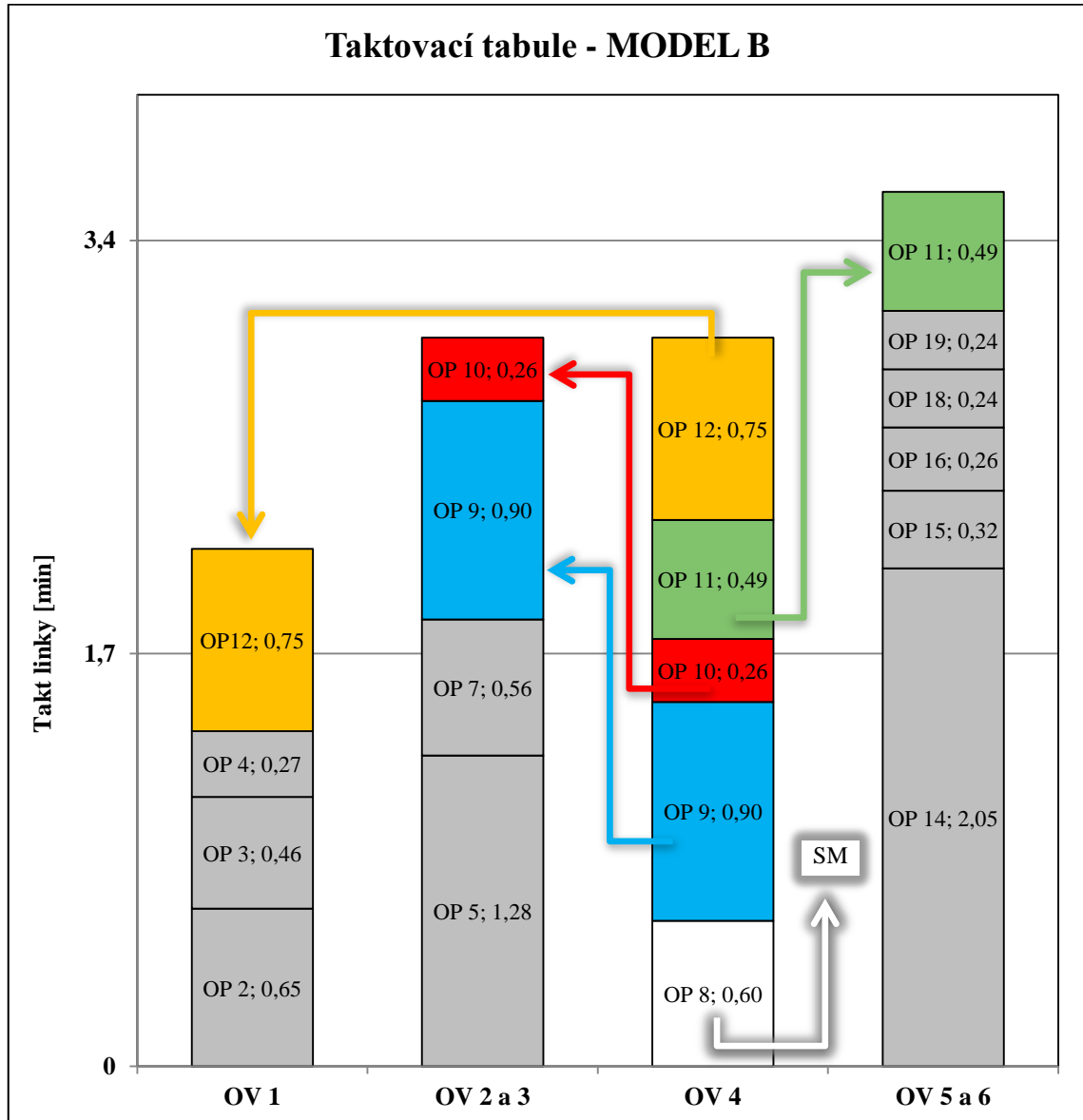
Operace 9 a 10 (montáž kompletu držáku a pravé zadní brzdové hadice, fixace pravé zadní brzdové hadice) byly převedeny na OV 2 a 3, kteří byli pro MODEL B vytížení pouze na 55 % a zároveň prováděli montáž v blízkém zástavbovém prostoru. Navíc bylo využito faktu, že OV 2 a 3 pracují přes 2 montážní takty a čas zástavby je tedy dělen dvěma.

Operace 11 (montáž rozpěrných matic pro zadní nárazník) byla přetaktována na OV 5 a 6, jejichž konečnou operací byla před optimalizací operace 18 a 19 (demontáž dorazů kapoty). Vzdálenost přední části vozu od zadní části předchozího vozu je ergonomicky vhodných 80 cm, proto bylo vhodné navázat na tyto operace další činnost v blízkém zástavbovém prostoru zadního nárazníku. Podobně jako v předchozím případě bylo využito dvojnásobného taktu OV 5 a 6, u kterých po přidání operace s časovou náročností 0,49 minuty pro MODEL B nedojde k přetížení.

Operace 12 (příprava pravé zadní brzdové trubičky) byla přetaktována na OV 1. Při přetaktování této operace bylo využito náklonu zavěšené karoserie a tím i ergonomicky vhodnější montážní polohy pro pracovníka. Časová náročnost operací pro MODEL B je u OV 1 po přetaktování vyšší než 100 %, což však vyvažuje nižší vytížení u MODELU A a výsledné vytížení v mixu modelů nepřekročí hranici 100 %.

Pro přetaktování operací OV 4 byla využívána pouze taktovací tabule pro MODEL B (Graf 6), jelikož pro MODEL A nebyly OV 4 prováděny žádné operace.

V taktovací tabuli pro MODEL B po optimalizaci (Graf 7) je vizualizováno, jak přetaktování proběhlo. Operace, které zůstaly na stejném místě, jsou označeny šedou barvou a operace, které byly přesunuty, jsou označeny barevně.



Graf 7: Vizualizace taktovací tabule pro MODEL B po optimalizaci

Po předložení návrhu na přetaktování operací byla provedena zkouška a oddělení průmyslového inženýrství byl vystaven zkušební list obsahující popis zkoušky, navrhované změny včetně nového vytížení, předpokládanou úsporu personálu a termín zahájení a ukončení zkoušky. Tento zkušební list musí být odsouhlasen všemi příslušnými útvary.

2.2.3 Návrh normy obsluhy po přetaktování

V následující kapitole bude navržena změna NO s platností od nadcházejícího měsíce. Nově přetaktované operace jsou vždy vyznačeny tučným písmem.

Po přetaktování provádí **OV 1** 4 stávající operace a nově operaci 12 pro MODEL B, viz Tab. 6. Vlivem technické změny klesl čas operace 2 na 0,65 min/vůz.

Tab. 6: OV 1 po optimalizaci

Číslo op.	Operace	MODEL A			MODEL B			
		Čas [min]	Zást.	Čas [min]	Čas [min]	Zást.	Čas [min]	
1	Nýtování matic do podélníku	0,66	5%	0,03	0,66	5%	0,03	
2	Montáž palivového potrubí	0,65	100%	0,65	0,65	100%	0,65	
3	MO příchytka brzd. potrubí na podlaze	0,46	100%	0,46	0,46	100%	0,46	
4	MO těsnění palivového potrubí	0,27	100%	0,27	0,27	100%	0,27	
12	Příprava PZ brzdové trubičky	-	-	-	0,75	100%	0,75	
				1,41				2,16

Před přetaktováním prováděli **OV 2 a 3** operace 3, nyní přibyla operace 9 a 10, viz Tab. 7, a tito pracovníci nyní provádějí tři operace pro MODEL A a čtyři operace pro MODEL B.

Tab. 7: OV 2 a 3 po optimalizaci

Číslo op.	Operace	MODEL A			MODEL B			
		Čas [min]	Zást.	Čas [min]	Čas [min]	Zást.	Čas [min]	
5	Montáž L+P brzdové trubičky	1,80	100%	1,80	1,28	100%	1,28	
6	MO PZ brzd. had. + senzor ABS	1,24	100%	1,24	-	-	-	
7	MO EI lambda sondy	0,56	100%	0,56	0,56	100%	0,56	
9	MO kompletu držáku a PZ brzd. h.	-	-	-	0,90	100%	0,90	
10	Fixace PZ brzdové hadice	-	-	-	0,26	100%	0,26	
				3,60				3,00

Před přetaktováním operací prováděli **OV 5 a 6** operací 7, následně přibyla operace 11, viz Tab. 8.

Tab. 8: OV 5 a 6 po optimalizaci

Číslo op.	Operace	MODEL A			MODEL B			
		Čas [min]	Zást.	Čas [min]	Čas [min]	Zást.	Čas [min]	
13	Zap. brzd. potrubí na hl. brzdový válec	1,12	1%	0,01	-	-	-	
14	Zap. brzd. potrubí jednotku ABS	2,00	99%	2,00	2,05	100%	2,05	
15	Zapojení svorkovnice ABS	0,32	100%	0,32	0,32	100%	0,32	
16	MO vymezovací příchytky brzd. potrubí	0,19	100%	0,19	0,26	100%	0,26	
17	Montáž držáku svorkovnice	0,46	20%	0,09	0,43	20%	0,09	
18	Demontáž dorazu kapoty PS	0,24	100%	0,24	0,24	100%	0,24	
19	Demontáž dorazu kapoty LS	0,24	100%	0,24	0,24	100%	0,24	
11	MO rozpěrných matic pro zadní nárazník	-	-	-	0,49	100%	0,49	
				3,09				3,69

2.3 Shrnutí a přínos optimalizace

Hlavním úkolem této optimalizace bylo sjednocení počtu pracovníků pro konečnou montáž MODELU A a MODELU B. Potenciál byl shledán u OV4, který dle původní NO prováděl přípravu kompletu a následnou zástavbu brzdového vedení do karoserie pouze pro MODEL B.

2.3.1 Vyčíslení úspory

Tato optimalizace byla po schválení zkušebního listu všemi příslušnými útvary zanesena do NO pro následující měsíc. Změny musely být taktéž zaznamenány v programu Delmia.

Operace OV 4 byly přetaktovány mezi ostatní pracovníky v rámci jednoho týmu. Došlo tak k úspoře 1 OV/směnu a vzhledem k dvousměnnému provozu montážní linky došlo k úspoře **2 OV/den**. Návratnost této úspory byla vyčíslena na **0,01 roku** (viz Tab. 9).

Úspory optimalizace shrnuje Tab. 9.

Tab. 9: Úspory optimalizace

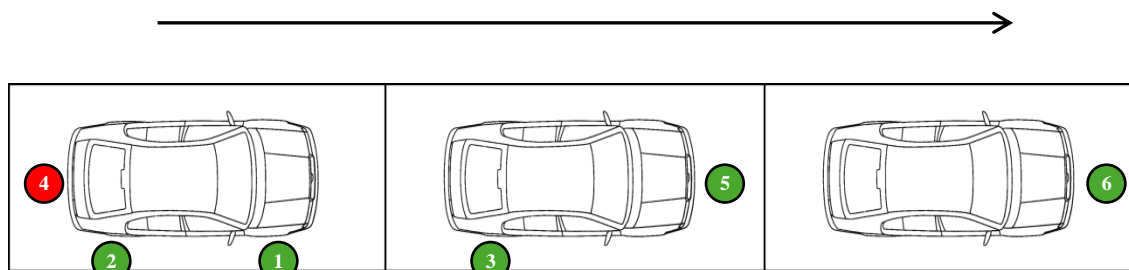
Úspora	2 OV/den
Návratnost	0,01 roku
Další přínosy	Sjednocení počtu pracovníků, redukce Zeitspreizungu, dovytížení OV v rámci týmu, redukce plýtvání, zlepšení ergonomie

2.3.2 Přínos optimalizace

Mimo úsporu 2 OV/den došlo k zlepšení ergonomie, vedoucí k vedlejším tělesným zátěžím. U operace 11 bylo využito ergonomické vzdálenosti mezi vozy a u operace 12 bylo využito náklonu zavěšené karoserie.

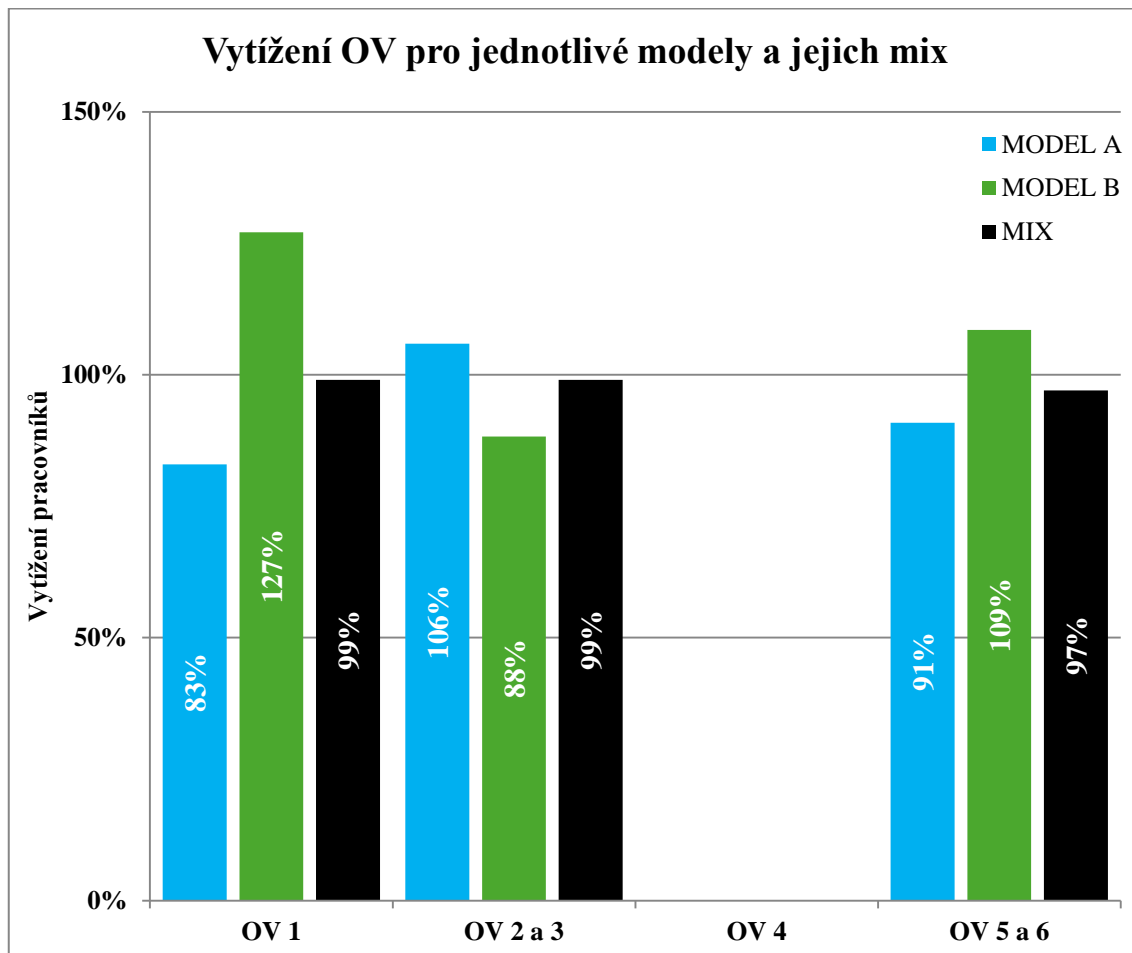
Dále došlo k redukci plýtvání (operace 8) v podobě odstranění předmontáže z hlavní montážní linky a jeho přesunu do supermarketu, kde byl dovytížen operátor supermarketu.

Na Obr. 4 je možné sledovat rozmístění jednotlivých pracovníků po optimalizaci pracoviště. OV 4, jehož operace byly přetaktovány mezi ostatní členy týmu, je vyobrazen červenou barvou. Vzhledem k dvousměnnému provozu v závodu došlo k úspoře 2 OV/den.



Obr. 4: Vizualizace sledovaného úseku s jednotlivými OV po optimalizaci

Po aplikaci výše uvedených opatření došlo ke změně vytížení jednotlivých OV ve sledovaném týmu. Vytížení pracovníků po optimalizaci je možné sledovat v Grafu 8:



Graf 8: Diagram vytíženosti OV po optimalizaci

Tab. 10 porovnává stav pracovníků před optimalizací a jejich vytížení po optimalizaci pracoviště. Pokles vytížení jednotlivých pracovníků po optimalizaci je označen červeně, navýšení vytížení po optimalizaci je označeno zeleně.

Tab. 10: Porovnání vytížení před a po optimalizaci

	OV 1			OV 2 a 3			OV 4			OV 5 a 6		
	A	B	MIX	A	B	MIX	A	B	MIX	A	B	MIX
Počáteční	96%	96%	96%	106%	54%	91%	0%	174%	51%	91%	94%	92%
Stávající	83%	127%	99%	106%	88%	99%	-	-	-	91%	109%	97%
Změna	-13%	+31%	+3%	0%	+34%	+8%	-	-	-	0%	+15%	+5%

Z Tab. 10 vyplývají následující fakta:

OV 1 provádí oproti původnímu stavu navíc jednu operaci pro MODEL B, která jeho vytížení pro tento model zvýšila o 31 %. Vlivem technické změny kleslo jeho vytížení pro MODEL A o 13%. Celkové vytížení tohoto pracovníka se v mixu modelů zvýšilo o 3 %.

OV 2 a 3 provádí oproti původnímu stavu navíc dvě operace pro MODEL B, které jejich vytížení pro tento model zvýšily o 34 %. Vytížení pro MODEL A zůstává stejné a celkové vytížení těchto pracovníků pro mix modelů se zvýšilo o 8 %.

OV 5 a 6 provádí oproti původnímu stavu navíc jednu operaci pro MODEL B, která jejich vytížení pro tento model zvýšila o 15 %. Vytížení pro MODEL A zůstává stejné a celkové vytížení těchto pracovníků pro mix modelů se zvýšilo o 5 %.

Operace 8 **OV 4** byla přetaktována na pracovníka supermarketu, který byl dovytížen. Tuto operaci je doporučeno pro další modely přesunout na dodavatele.

2.4 Návrhy redukce Zeitspreizungu

Problém v podobě Zeitspreizungu přichází na montážní linky v okamžiku, kdy je na jedné montážní lince požadováno kompletovat více modelů vozů, jejichž celková časová náročnost na montáž je rozdílná. Rozdílnost v časové náročnosti jednotlivých modelů by se dala brát jako přirozený jev, avšak sloučením jejich montáže do jedné montážní linky dochází na některých pracovištích k neproduktivním časům pracovníků, což podstatně zvyšuje celkovou pracnost obou modelů. V následujících podkapitolách bude navrženo několik opatření, s jejichž aplikací je možné faktor Zeitspreizungu potlačovat.

2.4.1 Zkrácení platnosti normy obsluhy

První možností pro redukci Zeitspreizungu je zkrácení platnosti NO. Za současného stavu se NO společně s objemem výroby aktualizuje každý měsíc. Zkrácením platnosti NO na týdenní interval by bylo možné v daném týdnu montovat takové deriváty modelů, jejichž časová náročnost pro montáž je nejbližší a pro tento objem

čerpat personál na jeden týden s cílem dosáhnout maximální produktivity a významně redukovat plýtvání. Výhodou je také možnost rychlejší reakce na požadavky ze strany trhu.

Omezení tohoto návrhu v konkrétním závodě spočívá v nedostatečné kapacitě zásobníku vozů, které na konečnou montáž proudí z lakovny. Kapacita tohoto zásobníku by musela několikrát (zhruba šestinásobně) převýšit současný stav, aby bylo možné řadit karoserie v požadovaném pořadí pro montáž.

2.4.2 Zpřísnění restrikcí

Pojem restrikce může být definován jako frekvence vpouštění jednotlivých derivátů modelů do toku montážní linky. Tato restrikce nařizuje vpouštět do toku ML deriváty v takovém odstupu mezi sebou, aby nedocházelo k opakovanému přetížení pracovníků při montáži náročnějších operací a operátor výroby tak neprováděl více náročných operací, které ho přetěžují na více než 100 %, v řadě. Příkladem restrikce může být například nařízený odstup 10 vozů mezi deriváty s požadavkem na montáž tažného zařízení.

Současný stav zná pouze restrikce doporučené, které sice doporučují potřebné odstupy mezi jednotlivými deriváty, ovšem jejich dodržování není striktní. Přizpůsobení NO pro přísnější a pevné restrikce by přineslo větší rovnoměrnost vytižení operátorů výroby a redukcí Zeitspreizungu.

Pro realizaci tohoto návrhu je třeba změna v řízení programu vpouštění vozů do toku ML. Omezení v podobě nedostatečné kapacity zásobníku vozů přijíždějících z lakovny je podobné jako v předchozím návrhu, avšak navýšení kapacity tohoto zásobníku by nebylo tak markantní jako v předchozím případě. V případě podzásoby a nezajištění daného sledu vozů v zásobníku by došlo ke snížení kapacity celé montážní linky.

2.4.3 Koncept a plánování nového modelu

Při sestavování konceptu nového modelu je třeba, aby bylo jasně určeno, v kterém konkrétním montážním závodě a na které montážní lince bude konečná montáž vozu prováděna. Stejně tak je třeba přesně definovat, k jakému stávajícímu modelu vozu bude nový model přidán.

Tento nový model by měl být vždy přiřazen k takovému modelu, kterému je svou koncepcí nejpodobnější. Dále je podstatné, aby zástavbové prvky nového modelu byly co nejpodobnější stávajícímu modelu a jejich princip zachovával co nejbližší technologický sled.

Důležitým nástrojem plánování konceptu na montážní linku je takzvaný „3P Workshop“, který podstatně ovlivňuje náklady, produktivitu, ale také kvalitu a ergonomii práce nového modelu. Současný stav rozděluje 3P WS na dvě fáze – produktovou a procesní, viz Tab. 11.

Tab. 11: Dělení 3P WS

Fáze produktu	Slouží k přípravě nového produktu v oblasti jeho vývoje na základě definovaného konceptu
Fáze procesu	Slouží k přípravě nového produktu v oblasti plánování výroby na základě definovaného konceptu

Změny v průběhu těchto dvou fází mají největší potenciál na zlepšení produktivity montáže mixu modelů. Problémem současného stavu produktové fáze 3P WS je fakt, že řeší zástavbové díly pouze nového modelu a nezohledňuje zástavbové díly modelu, který je v provozu již montován. Podobný problém je také u fáze procesu, kde dochází k samotnému taktování operací.

Autor práce navrhuje, aby byl při 3P WS brán mnohem větší zřetel na všechny modely, které jsou a budou montovány na jedné montážní lince. Zohledněním všech modelů by došlo k podstatnému navýšení produktivity. Dále je důležité nastavit společné cíle plánování a výroby tak, aby nepatrnou změnou technologického konceptu zástavbového dílu nedocházelo k nepřiměřeně velkému dopadu do NO pro montáž.

Závěr

Tato bakalářská práce se zabývala zvyšováním produktivity konečné montáže vozů s rozdílným spotřebním časem. Tyto vozy jsou společně montovány na montážní lince ve výrobním závodě ŠKODA AUTO a.s. v Mladé Boleslavi. Rozdílné pracovní podmínky jednotlivých modelů a jejich derivátů s sebou přináší podstatné snížení produktivity práce a plýtvání, které se tato práce snažila redukovat.

V praktické části této práce byli zanalyzováni pracovníci v rámci jednoho montážního týmu. Analýza potvrdila podstatnou nevytíženost jednoho z nich a úkolem bylo přetaktovat operace tohoto pracovníka na ostatní členy týmu. Přetaktováním těchto operací došlo k podstatné redukci plýtvání, dovytížení všech členů sledovaného týmu a především k úspoře 2 OV/den s návratností 0,01 roku.

V druhé části praktického východiska práce jsou navržena opatření k redukci Zeitspreizungu. Tyto návrhy se zabývají především zkrácením platnosti normy obsluhy, zpřísněním restrikcí vpouštění karoserií do toku montážní linky a změnami v oblasti konceptu a plánování nového modelu.

Při tvorbě této práce byly využity teoretické poznatky z uvedených publikací a také z interních podkladů firmy. Praktické poznatky byly získány během působení ve firmě ŠKODA AUTO a.s.

Seznam použité literatury

- [1] KOŠTURIÁK, J., FROLÍK, Z. *Štíhlý a inovativní podnik*.
Praha: Alfa Publishing 2006, ISBN 80-86851-38-9
- [2] MILDORF, L., *Štíhlá výroba v prostředí dodavatelů Automobilového průmyslu*.
[online], TRW Carr s.r.o., Stará Boleslav. [cit. 05-04-2014].
URL: (<http://katedry.fmmi.vsb.cz/639/qmag/mj54-cz.pdf>)
- [3] NOVÁK, J., HRYZLÁK, J., *Ekonomika a řízení provozu*.
VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2007, [cit. 27-04-2014].
URL: (<http://projekty.fs.vsb.cz/414/ekonomika-a-rizeni-provozu.pdf>)
- [4] PETRŮ, J., ČEP, R., *Základy montáže*.
VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2012, [cit. 29-04-2014].
URL: (http://projekty.fs.vsb.cz/459/ucebniopory/Zaklady_montaze.pdf)
- [5] VAVRUŠKA, J., *Metoda SMED - Rychlá výměna nástroje*.
Liberec: TU v Liberci, 2011. [cit. 02-04-2014].
URL: (www.kvs.tul.cz/getFile/id:14466/PI_SMED.pdf)
- [6] Interní dokumenty společnosti ŠKODA AUTO a.s.
- [7] *Produkční systémy* [online]. [cit. 23-03-2014]
URL: (http://www.kip.zcu.cz/kursy/svt/eb/prum_eng/produkcni_systemy.html)
- [8] *Štíhlá výroba* [online]. [cit. 21-03-2014]
URL: (<http://e-api.cz/page/67819.stihla-vyroba/>)
- [9] *IPA Slovník* [online]. [cit. 21-03-2014]
URL: (<http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník>)
- [10] *FMEA - Failure Mode and Effect Analysis* [online]. [cit. 01-04-2014]
URL: (<http://www.pqm.cz/nvcss/fmea.html>)

Seznam obrázků

Obr. 1: Schéma synchronního podniku [6].....	12
Obr. 2: Grafické vyobrazení Zeitspreizungu v montáži	24
Obr. 3: Vizualizace sledovaného úseku s jednotlivými OV před optimalizací	26
Obr. 4: Vizualizace sledovaného úseku s jednotlivými OV po optimalizaci	37

Seznam tabulek

Tab. 1: Základní předpoklady pracoviště před optimalizací.....	26
Tab. 2: OV 1 [6].....	28
Tab. 3: OV 2 a 3 [6].....	29
Tab. 4: OV 4 [6].....	29
Tab. 5: OV 5 a 6 [6].....	30
Tab. 6: OV 1 po optimalizaci.....	35
Tab. 7: OV 2 a 3 po optimalizaci.....	35
Tab. 8: OV 5 a 6 po optimalizaci.....	36
Tab. 9: Úspory optimalizace	37
Tab. 10: Porovnání vytížení před a po optimalizaci	38
Tab. 11: Dělení 3P WS	41



Seznam grafů

Graf 1: Závislost výrobních nákladů na objemu výroby [7].....	16
Graf 2: Plýtvání a činnost s nárůstem hodnoty [6]	17
Graf 3: Podíl časů při přetypování [5]	21
Graf 4: Diagram vytíženosti OV před optimalizací.....	27
Graf 5: Vizualizace taktovací tabule pro MODEL A před optimalizací	31
Graf 6: Vizualizace taktovací tabule pro MODEL B před optimalizací.....	32
Graf 7: Vizualizace taktovací tabule pro MODEL B po optimalizaci.....	34
Graf 8: Diagram vytíženosti OV po optimalizaci.....	38