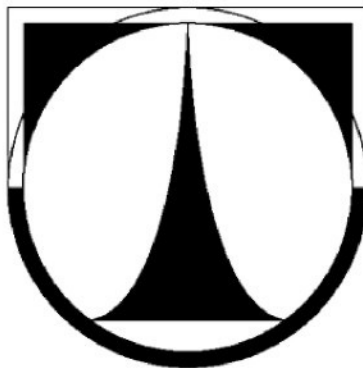


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní



David Hušek

Optimalizace výroby brzd

ve firmě Lucas Varity s.r.o.

Diplomová práce

2010

Fakulta strojní

Katedra Výrobních Systémů

Studijní program: M 2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2301T030 Výrobní systémy

Optimalizace výroby brzd

ve firmě Lucas Varity s.r.o.

KVS–VS–201

David Hušek

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

Konzultant: Ing. Jan Vavruška, Ing. František Koblasa

Počet stran diplomové práce :	71
Počet příloh diplomové práce :	2
Počet obrázků diplomové práce :	33
Počet tabulek diplomové práce :	14
Počet grafů diplomové práce :	5

V Liberci, dne.....

TÉMA: **Optimalizace výroby brzd ve firmě Lucas Varity s.r.o.**

ANOTACE:

Diplomová práce se zabývá optimalizací výroby brzd ve firmě Lucas Varity s.r.o.. Popisuje jednotlivé kroky od výběru reprezentativního typu výrobku, analýzy současného stavu až po návrh jejich zlepšení. Při řešení byly využity nástroje štihlé výroby, především metoda Mapování hodnotového toku ve výrobním procesu (Value Stream Mapping).

THEME: **Optimalization of brake production in the company**
Lucas Varity s.r.o

ANNOTATION:

The Graduation thesis deals with optimization of brake production in the company Lucas Varity s.r.o.. It describes steps from selection of representative type of product , analysis of current situation to solution of their improvement. With solution have been used tools of Lean production especially Value Stream Mapping method.

Klíčová slova: VSM, hodnota, Kanban, optimalizace, proces

Zpracovatel: TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra Výrobních Systémů

Dokončeno: 2010

Archivní označení zprávy:

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem byl seznámen s tím, že diplomová práce podléhá plně zákonu č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo) a § 35 (o nevýdělečném užití díla k vnitřním potřebám školy).

Souhlasím s tím, že TU v Liberci má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé práce (prodej, zapůjčení, atd.).

Potvrzují také, že jsem byl seznámen s tím, že mohu užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití pouze se souhlasem TU v Liberci, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů vynaložených univerzitou na vyhotovení díla (až do jejich skutečné výše).

Datum:

.....

Podpis

Místopřísežné prohlášení

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

Datum: .

.....

Podpis

Poděkování

Jsem velice potěšen, že zde mohu vyjádřit poděkování všem, který mi umožnili tuto práci uskutečnit a s jejichž pomocí jsem se dostal až ke kýženému výsledku.

Jmenovitě bych zde chtěl poděkovat panu doc. Dr. Ing. Františku Manligovi za odbornou podporu, objektivní kritiku a věnovaný čas.

Dále bych rád poděkoval i kolegům z firmy Lucas Varity s.r.o., jmenovitě Tomášovi Svobodníkovi, Ing. Simoně Sedláčkové, Ing. Zdeňku Dlouhému a Ing. Miroslavu Krejčímu za jejich věnovaný čas, věcné připomínky a výbornou spolupráci.

Obrovský dík patří také mé rodině a blízkým za jejich trpělivost během mého studia.

Obsah

Obsah.....	8
Seznam použitých symbolů a zkratek:.....	10
1 Úvod.....	11
1.1. Představení firmy	12
2 Teoretická část	15
2.1. Štíhlá výroba.....	15
2.1.1. Paretova analýza.....	15
2.1.2. Six Sigma	16
2.1.3. VSM – Value Stream Mapping.....	18
2.1.4. Druhy plýtvání	22
2.1.5. Zákaznický takt.....	24
2.1.6. Vizualizace – vizuální management.....	25
2.2. Štíhlá logistika	26
2.2.1. JIT	26
2.2.2. Kanban	27
3 Praktická část.....	30
3.1. Definice hlavního cíle diplomové práce.....	30
3.2. Dílčí cíle diplomové práce.....	30
3.3. Definice současného stavu výroby	31
3.3.1. Sortiment linky.....	31
3.3.2. Process flow výroby dílu.....	33
3.4. Graficky vyhodnotit současný stav	35
3.4.1. Layout výrobní haly	35
3.4.2. Uspořádání pracovišť (buněk).....	36

3.4.3.	Sběr dat z hlavních toků	36
3.4.4.	Grafické zhodnocení – zpracování mapy současného stavu	40
3.4.5.	Spaghetti diagram	51
3.5.	Identifikace kritických míst v současném stavu a jejich analýza	53
3.5.1.	Analýza velikosti minimálních zásob obrobků na obrobně a u dodavatele povrchové úpravy	54
3.5.2.	Analýza velikosti minimálních zásob v externím (centrálním) skladu	58
3.5.3.	Změnu informačního toku mezi obrobnou a plánováním výroby, za pomoci instalace BBB a Launcheru mezi obrobnou a montáží	61
3.6.	Implementace nápravných opatření, vytvoření nového návrhu řešení	61
3.7.	Vytvoření akčního plánu	63
4	Závěr	64
5	Seznam	65
5.1.	Seznam obrázků	65
5.2.	Seznam tabulek	66
5.3.	Seznam grafů	67
5.4.	Literatura	68
6	Přílohy	69
6.1.	Mapa stávajícího stavu	69
6.2.	Mapa budoucího stavu	69

Seznam použitých symbolů a zkratek:

TPS	Toyota Production System
Lean	Štíhlý
VSM	Value Stream Mapping (Mapování hodnotového toku)
VA	Value Added (Přidaná hodnota)
NVA	Non Value Added (Nepřidaná hodnota)
PÚ	Povrchová úprava
CS	Centrální sklad
EDI	Electronic Data Interchange (Elektronická výměna dat)
SV	Supply visualization (Zobrazení odvolávek u dodavatele)
BBB	Batch Building Box
WIP	Work In Process (Rozpracovanost ve výrobě)
LP	List Průkaznosti
Buňkař	Směnový vedoucí pracovník příslušného pracoviště
OEE	Overall equipment effectiveness (Celková efektivita zařízení)
VD	Výrobní Dávka

1 Úvod

Dnešní automobilový průmysl, který hýbe světem, prožívá těžké chvíle. V poslední době ho výrazně ovlivňuje celosvětová finanční krize, která má za následek úpadek mnoha firem a to i s dlouholetou tradicí. Přeživší firmy, které dokázaly vzdorovat a nadále vzdorují podobným nástrahám, čelí také konkurenčnímu boji o zákazníky. Současné požadavky koncových zákazníků nezadržitelně rostou, např. co se kvality a termínů týče, ale ochota platit za výsledný produkt je stále nižší. Tato indicie z oblasti marketingu je pro všechny výrobce automobilů jasným krokem ke hledání úspor ve svém vlastním procesu, a proto firmy kladou důraz na implementaci nástrojů z oblasti „štíhlé“ výroby, které vedou k jeho zefektivnění.

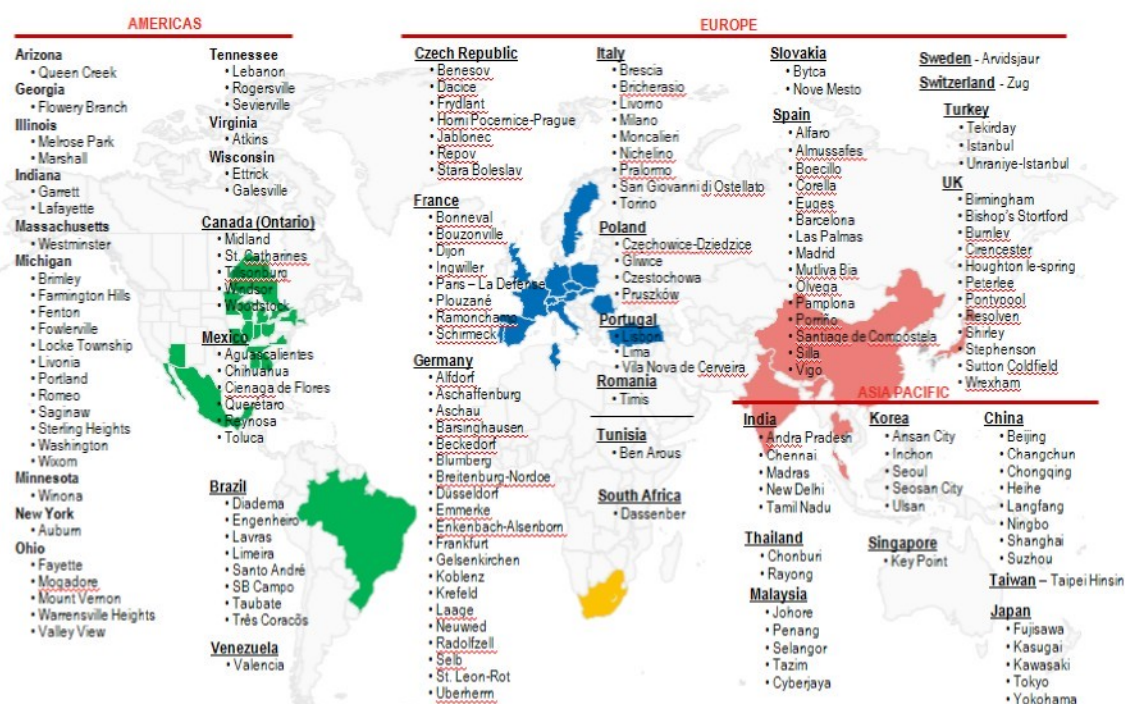
Metody štíhlé výroby jsou pro mnoho firem již známé, řekl bych, že absence těchto metod by vedla k jistému firemnímu zániku, proto je obtížné zlepšovat procesy, které již byly několikrát zlepšeny. Nicméně, pohled na daný problém má každý řešitel trochu odlišný a proto je možné stále nacházet náměty ke zlepšení.

Tato diplomová práce obsahuje metody a nástroje již zmiňované štíhlé výroby, které byly použity při řešení dané problematiky, vedoucí k návrhům na optimalizaci současného stavu procesu ve firmě Lucas Varity s.r.o..

Na úvodní kapitolu navazuje kapitola, kde jsou popsány některé vybrané nástroje pro štíhlou výrobu. Další kapitola je zaměřena na praktickou část, popisující průběh této práce. Poslední závěrečná kapitola tuto práci uzavírá.

1.1. Představení firmy

TRW Automotive se svými 70 000 zaměstnanci a 200 závody po celém světě patří mezi přední světové výrobce a dodavatele dílů pro automobilový průmysl.



Obrázek 1: Výrobní závody firmy TRW po celém světě [7]

Lucas Varity s.r.o. v Jablonci nad Nisou, patřící do výše uvedené divize TRW Automotive, resp. TRW Chassis Systems a je výrobcem brzdových systémů pro osobní automobily. Výrobní závod v Jablonci nad Nisou je zaměřen zejména na výrobu předních a zadních kotoučových brzd.



Obrázek 2: Fotografie budovy firmy TRW (Lucas Varity s.r.o.) [7]

V rámci výrobního programu se však vyrábějí bubnové brzdy, kotouče, posilovače, kolové válečky, hlavní válce a další výrobky. Společnost Lucas Varity s.r.o. v rámci koncernu neustále inovuje a zdokonaluje jak své produkty, tak sama sebe. Je certifikovaným dodavatelem největších automobilek a splňuje náročné normy nejen při produkci výrobků, ale i v rámci ochrany životního prostředí.



Obrázek 3: Přehled výrobků firmy Lucas Varity s.r.o. [7]

Mezi její zákazníky se řadí přední světoví výrobci automobilů, jako jsou např. VW, Audi, Škoda-Auto, Ford, Renault, Fiat, BMW, Opel, atd.



Obrázek 4: Přehled zákazníků firmy Lucas Varity s.r.o. [7]

2 Teoretická část

Výrobní proces tvoří členitou strukturou operací, které se prolínají do jednotlivých oddělení. Tato teoretická část bude především věnována oddělení výroby a logistiky – těchto oblastí se tato diplomová práce nejvíce dotýká.

2.1. Štíhlá výroba

Štíhlá výroba, nebo-li lean production funguje jako „zaklínadlo“, jenž je v dnešní době skloňováno téměř v každé výrobní firmě snažící se o udržení tempa s aktuálním vývojem trhu a zákaznických požadavků. Tuto metodiku vyvinula firma Toyota pod názvem Toyota Production System (TPS).

Hlavním motem dané metodiky je snaha řídit se heslem „náš zákazník, náš pán“. Její princip spočívá v náhledu na rovnici zisku, a to následujícím způsobem [3]:

$$\text{Náklady} + \text{Zisk} = \text{Cena}$$

mění na:

$$\text{Cena} - \text{Náklady} = \text{Zisk}$$

Změna rovnice podle uvedené filozofie této metodiky by měla způsobit, že zákazník nebude zbytečně zatěžován náklady na chybné kroky firmy, což je znázorněno v první rovnici.

2.1.1. Paretova analýza

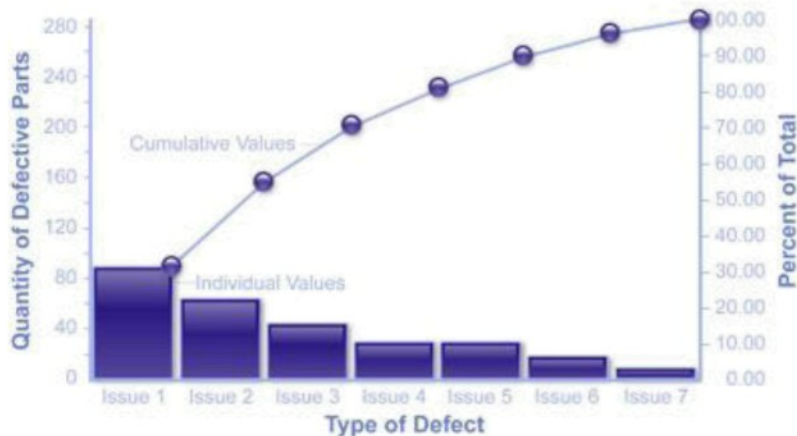
Řadí se do skupiny sedmi klasických nástrojů řízení kvality. Díky těmto nástrojům lze prezentovat získaná data jak v grafické, tak i numerické podobě.

Za pomoci této analýzy lze identifikovat prioritní problémy, jelikož by bylo příliš náročné provádět analýzy pro každý problém zvlášť. Z hlediska produktivity i jakosti totiž platí, že více než 50% nedostatků je často následek jediné příčiny (Paretův zákon tento poměr – pozorovaný i v jiných odvětví lidského života – vyjadřuje ve smyslu, že 80% výskytu nějakého jevu je spojeno s 20% souvisejících položek nebo příčin) [1].

Paretův diagram má tvar sloupkového diagramu, přičemž sloupky by měly být kresleny v sestupném pořadí (od největšího po nejmenší), tak aby reprezentovali četnosti porovnávaných vstupů.

Představený Paretův diagram je nástrojem, který umožní každému, kdo ho efektivně využívá, získat následující přínosy [1]:

- Identifikace nejvýznamnější příčiny daného problému
- Efektivní ilustrace přínosů procesu zlepšování
- Poskytnutí pomocí jednoduchého principu argumentů pro pracovníky, kteří mají nějaký nápad jak zlepšit stávající procesy, ale chybí jim argumenty



Obrázek 5: Pareto diagram [7]

2.1.2. Six Sigma

Six Sigma je podnikatelský proces, který umožňuje společností dramaticky zvýšit jejich zisky navržením a monitorováním každodenních podnikatelských aktivit způsobem, který minimalizuje neshody a rezervní zdroje a přitom zvyšuje spokojenost zákazníků.

Six Sigma poskytuje společností způsob, jak dělat méně chyb ve všech svých činnostech (od vyplnění objednávky, až po výrobu leteckých motorů), a to eliminováním neshod.

Six Sigma obsahuje něco navíc - poskytnuté specifické metody k přetvoření procesu tak, aby neshody především vůbec nevznikaly.

Variabilita vstupních faktorů má za následek variabilitu výstupní charakteristiky, tedy máme-li kvalitní vstupy a robustně navržený proces, nemusíme se obávat o výstup.

Lean Six Sigma v sobě kombinuje dva nejdůležitější trendy zlepšování dnešní doby: zkvalitňování práce s použitím Six Sigma a její zrychlování s použitím principů Lean. Tato nápadně kvalitní metoda zlepšování poskytuje nástroje k rozpoznání a odstranění všech sedmi druhů plýtvání a problémů s kvalitou na pracovišti.

Mike George, Dave Rowlands, & Bill Kastle

Six Sigma lze v podniku implementovat v 5-ti fázích, které jsou označeny symboly DMAIC:



Obrázek 6: Popis pěti základních fází DMAIC – Six Sigma

Fáze definování

- Výběr projektu
- Stanovení cílů, termínů a týmů

Fáze měření

- Přehled typů měření a jejich klíčových vlastností
- Porozumění povaze a vlastnostem sbíraných a reportovaných dat
- Detailní mapy procesu

Fáze analýzy

- Identifikace problému
- Shromáždění údajů
- Pomocí specifických statických metod a nástrojů izolovat klíčové části informací, které jsou důležité pro objasnění problému

Fáze zlepšování

- Určení klíčových proměnných, které jsou příčinou problému
- Návrh nových způsobů řešení
- Implementace do procesu

Fáze kontrolování

- Monitorování procesu
- Vytvoření standardů
- Shrnutí – závěr

2.1.3. VSM – Value Stream Mapping

VSM nebo-li Value Stream Mapping přeloženo do češtiny znamená mapování hodnotového toku. Pro lepší pochopení dané metody bude nezbytné vysvětlit, co je definováno hodnotou.

Hodnota je „to, za co je zákazník ochoten zaplatit“. Hodnotový management hodnotu definuje jako poměr mezi užitnými vlastnostmi produktu a náklady [2], viz vzorec (1).

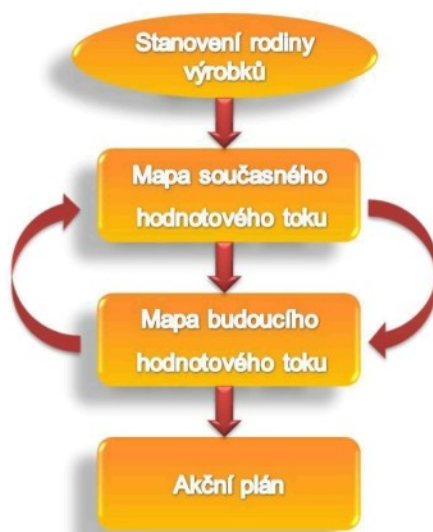
$$\text{Hodnota} = \frac{\text{Užitné vlastnosti produktu}}{\text{Náklady}} \quad (1)$$

Pokud byl již definován pojem hodnota, mělo by nyní následovat vysvětlení hodnotového toku (value stream), jenž [2] definuje, jako souhrn všech aktivit v procesech, které vůbec umožňují vlastní transformaci materiálu na konkrétní zboží, jež má hodnotu pro zákazníka.

Kdekoliv má nějaký produkt svého zákazníka, tam existuje i příslušný hodnotový tok. Výzva je, vidět ho.

Mike Rother & John Shook

Samotné mapování hodnotového toku se dá považovat za grafický nástroj využívaný k analýze současného stavu procesu, jejímž cílem je navrhnout budoucí stav. Obrázek 7 popisuje základní a zároveň také nezbytné kroky pro efektivnost nástroje.



Obrázek 7: Postup při mapování hodnotového toku

Mapování hodnotového toku lze rozdělit do dvou činností:

- a) *Mapování procesu* – činnost, jejíž cílem je popsat analyzované procesy (vytváření procesních map).
- Umožňuje znázornit proces související s problémem, který je řešen v projektu tak, že bude pochopitelný i pro ostatní
 - Zjednodušený pohled na řešený proces
 - Umožňuje identifikovat oblasti, které nebyly dostatečně popsány
 - Slouží na vyjasnění problému a jeho možných příčin a také je základem pro sběr údajů a zobrazení vztahů mezi údaji
 - Poskytuje základ pro zlepšovací návrhy
- b) *Analýza přidávané hodnoty* – posouzení jednotlivých činností v rámci procesu z hlediska toho, zda-li přidávají (VA) nebo nepřidávají hodnotu (NVA)
- Umožňuje odhalit kroky a činnosti, které spotřebovávají energii, čas, náklady a nejsou důležité pro zákazníka
 - Pomáhá odhalit a zaměřit se na problémové místa v procesu a následně zlepšit a zefektivnit proces

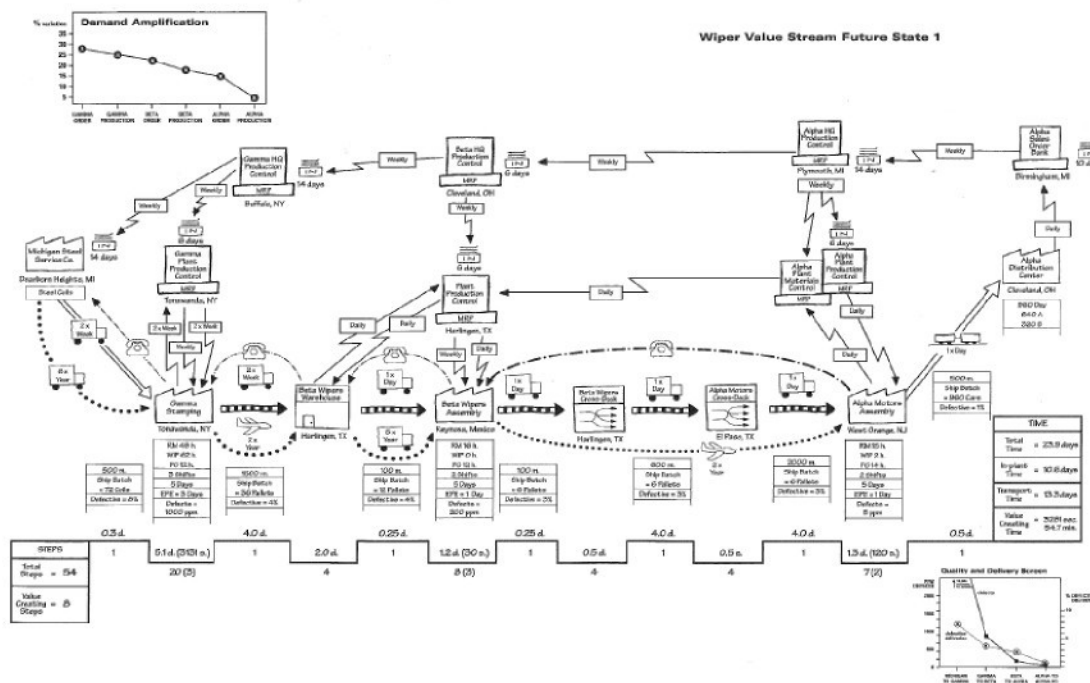
Mapa hodnotového toku (obrázek 8) vytváří jednoduchý nástroj na pochopení materiálového a informačního toku, sleduje pohyb materiálu od dodavatele k zákazníkovi a pomáhá identifikovat příležitosti na zlepšení. Při kreslení se používají značky, které jsou patrné z obrázku 9.

Hlavním výstupem z mapy jsou:

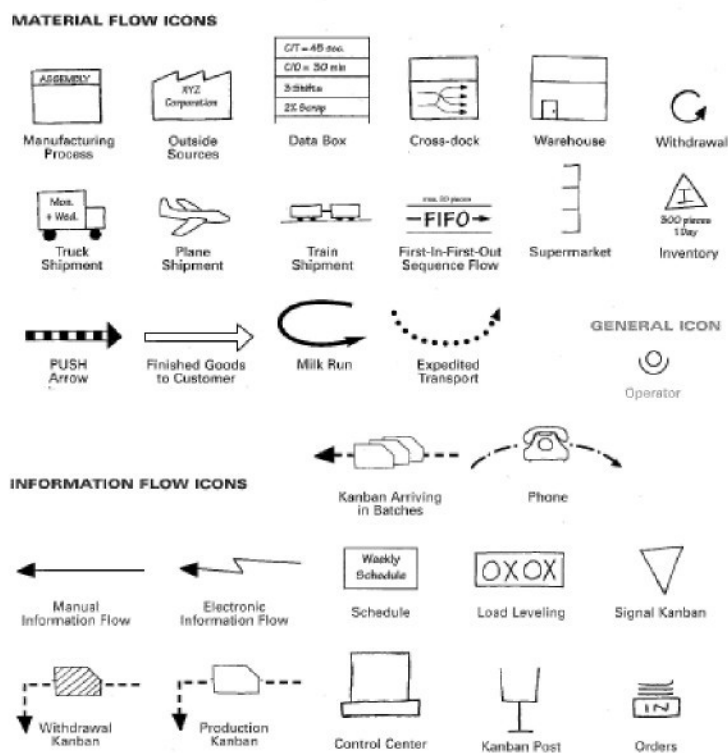
- Hodnota VA-indexu, která se vypočítá pomocí vzorce (2)

$$VA - index = \frac{\text{čas, kdy je výrobku přidávána hodnota}}{\text{průběžná doba výroby}} \quad (2)$$

- Informace o stavu a velikosti rozpracovanosti
- Velikost zásob v meziskladech a jejich počet
- Procesní časy



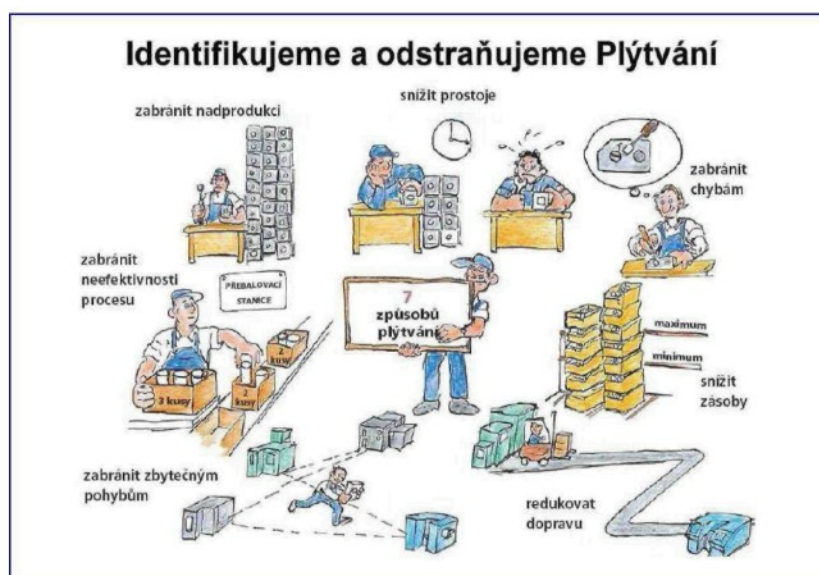
Obrázek 8: Ukázka vytvořené mapy hodnotového toku [6]



Obrázek 9: Používané značky pro kreslení mapy hodnotového toku [6]

2.1.4. Druhy plýtvání

Plýtvání se vyskytuje v každém podniku, z tohoto důvodu by zaměstnanci měli mít tento fakt na paměti a snažit se každý jeho projev vyhledávat, upozorňovat na zjištěné nedostatky a hledat nápravná opatření. Jedině tímto způsobem je možné co nejefektivněji zvýšit produktivitu a snížit náklady. Plýtvání se dá také definovat jako soubor všech činností, které probíhají během výroby produktu a nepřidávají mu žádnou hodnotu nebo službu, tzn. nemají vliv na zvyšování zisku.



Obrázek 10: Příklady plýtvání ve výrobním procesu [7]

Rozlišujeme základních 7 druhů plýtvání + 1 navíc: [2]

✓ *nadvýroba*

Nadvýroba znamená provádění aktivit, které se tržně nezhodnotí. Tento druh plýtvání označil T. Ohno za „kořen všeho zla“, protože nadvýroba ještě umocňuje již uváděné druhy plýtvání. Nadvýroba je spojena s celou řadou nákladových položek. Mezi tyto náklady patří např. náklady na zbytečně odebíranou energii, náklady na nadbytečné pracovníky, finanční prostředky na krytí úroků z úvěrů na zásoby apod.

✓ *zásoby*

Toto plýtvání je spojeno s udržováním a správou nepotřebných surovin, dílů a rozpracovanosti. Tyto projevy můžeme najít zejména tam, kde není výroba dostatečně a tahově spojena s „rytmem“ trhu. Například podniky, které plánují výrobu na základě tlaku a pro jednotlivé výrobní úseky, mají s uvedeným druhem plýtvání zkušenosti. Náklady spojené s udržováním zásob negativně ovlivňují hodnotu.

✓ *složitě a nadstandardní postupy*

Tento typ plýtvání se vyskytuje například tam, kdy „děláme něco navíc“, co zákazník nepotřebuje. Je zřejmé, že „nadstandardní postupy“ jsou v příkrém rozporu z hlediska hodnotového pohledu.

✓ *opravy*

Tento druh plýtvání je spojen s existencí a nápravou neshodných polotovarů, dílců, či sestav. Zahrnuje materiál, čas i energii vloženou do provedení oprav – zvyšuje náklady, za kterých dosahujeme hodnotu pro zákazníka. Největší efekt má potom naplňování filozofie předcházení zbytečným (lidským) chybám formou prostředků typu poka-yoke.

✓ *zbytečná manipulace*

Toto plýtvání zahrnuje jednak makro-plýtvání ve formě zbytečné manipulace a přepravy například z důvodu špatného layoutu. Současně je v tomto druhu plýtvání zahrnuta i forma mikro-plýtvání ve smyslu přenášení výrobku v teritoriu pracoviště. Manipulace je nutným zlem – materiál musí být ve výrobním podniku vždy nějak někam dopravován – jde však o to, aby tento druh plýtvání byl minimalizován a zbytečně neprodlužoval průběžnou dobu.

✓ *čekání*

Tento druh plýtvání nastává tehdy, kdy např. operátor musí čekat na dodání materiálu nebo tehdy, jestliže pracovník stojí a pouze pozoruje chod stroje při opracování výrobku. Čekání prodlužuje průběžnou dobu, která je kritickým parametrem štihlé výroby.

✓ *Zbytečné pohyby*

Zbytečné pohyby vykonávají lidé i stroje. Zbytečné pohyby lidí mají souvislost s utvářením lidské práce a ergonomií. Špatné ergonomické řešení negativně ovlivňuje produktivitu, kvalitu i bezpečnost práce. Produktivita trpí tam, kde existuje zbytečné předcházení, nahýbání či otáčení. Vhodné ergonomické řešení je proto klíčem k eliminaci plýtvání formou zbytečných lidských pohybů.

✓ *Nevyužití schopnosti lidí*

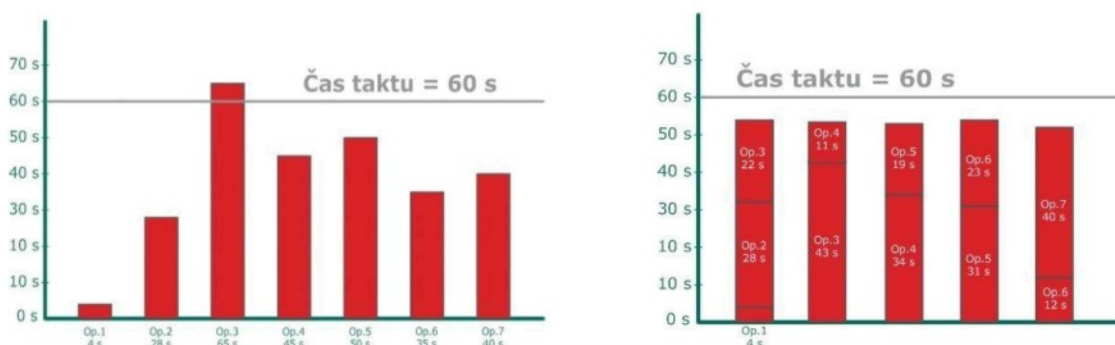
Tento druh plýtvání existuje tam, kde není zajištěno dostatečné využití schopností pracovníků zaměstnavatelem, kde je rozpojen „řetězec“ mezi podnikem a zákazníkem, kde neexistují „toky znalostí a know-how“ mezi jednotlivými úseky podniku apod. Vždy ale brzdí tok myšlenek, zpomaluje tvorbu námětů na zlepšení, vytváří frustraci a demotivaci.

2.1.5. Zákaznický takt

Výrobní proces sestává z několika výrobních buněk nebo pracovišť pracujících v nějakém čase. V dnešní době je kladen důraz na to, aby tyto časy byly sjednoceny a přibližovali se v co největší míře tzv. zákaznickému taktu. Zákaznický takt je určen vzorcem (3) [2].

$$\text{Takt} = \frac{\text{Čistý pracovní fond za období}}{\text{Počet požadovaných výrobků za období}} \quad (3)$$

Zákaznický takt je podle [2] definován takto. Je to tempo, ve kterém musí proces produkovat výrobky dle aktuálních potřeb zákazníka. Jestliže jsou výrobky vyráběny rychleji, než udává čas taktu, vzniká nadvýroba a zvyšuje se rozpracovanost. Jestliže jsou výrobky vyráběny pomaleji, než udává čas taktu, může „za danou operací“ docházet k nedostatkům produktů nebo je vyvolána potřeba využít přesčasovou práci a další zdroje.



Obrázek 11: Taktování výrobních operací – stav před (vlevo), stav po (vpravo) [7]

2.1.6. Vizualizace – vizuální management

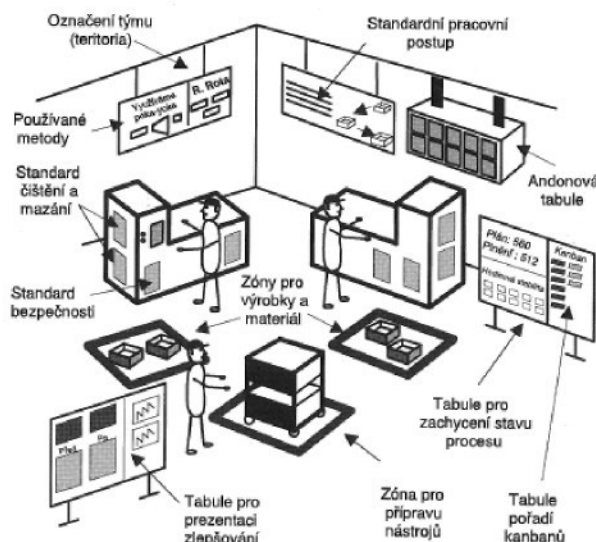
Vizuální management je nástroj pomáhající ke sdílení a efektivní výměně důležitých informací, tak aby byly snadno a kýmkoliv pochopitelné.

Vizuální management využívá především tyto prostředky [4]:

- Informační tabule, týmové tabule, kaizen tabule pro zlepšování, tabule kvality a jiné
- Elektronické tabule na zobrazování výrobního výkonu a jiných výrobních parametrů
- Signalizační zařízení – světla, kanban tabule a jiné signalizační prostředky grafické označení na podlaze, stěně – místa pro palety, hranice týmů, cesty apod.
- Vizuální pomůcky ulehčující práci – obrázkové postupy, multimediální prezentace, TPM obrázkové instrukce barevné odlišení nástrojů, součástek, palet apod
- Barevné odlišení nástrojů, součástek, palet apod.

Nástroje používané při vizualizaci:

- Paretův diagram
- Regulační diagram
- Frekvenční tabulka
- Andon
- Jidoka
- POKA-YOKE, apod.



Obrázek 12: Vizuálně řízené pracoviště [8]



Obrázek 13: Vizuální tabule nemontážní lince ve firmě Lucas Varity s.r.o. [7]

2.2. Štíhlá logistika

Obdobné nástroje a metody používající se ve štíhlé výrobě, jsou aplikovány i do oblasti logistiky, která je s výrobou velice úzce spojena. Tyto metody se především zaměřují na oblast zásob, času a efektivity dodávek. Níže jsou uvedeny dvě metody, které jsou dále zastoupeny při zpracování této diplomové práce.

2.2.1. JIT

Zkratka JIT, nebo-li Just In Time, znamená v českém v překladu „právě v čas“. JIT je definována, jako výrobní filozofie, při jejímž uplatňování jsou materiály, díly a výrobky vyráběny, dopravovány a skladovány tehdy, kdy je výroba nebo zákazník vyžadují. Jinými slovy vyrábíme „správný výrobek“, který dodáváme „ve správném množství, ve správné době, ve správném čase, na správném místě a za správnou cenu“ [5].

Předpoklady k zavedení JIT:

- Plánování a vyrábění se řídí objednávkou
- Materiálové toky musí být plynulé
- V co největší míře eliminovat prostoje
- Klást důraz na špičkovou kvalitu
- Disciplína mezi zaměstnanci, kteří pracují s tímto systémem
- Vyrábět v malém množství

Jaké výhody nám přináší systém JIT [5]:

- 50 – 90% snížení zásob
- 15 – 40% snížení nákladů na prodej
- 40-80% snížení času změn
- 30 – 60% zmenšení ploch
- 50 – 90% zvýšení jakosti

2.2.2. Kanban

Jedná se o nejznámější tahovou metodu v oblasti řízení výroby. Z překladu z Japonštiny se jedná o kartu, lístek nebo štítek. Hlavní cíl Kanbanu je definován tak, aby na každém stupni výroby podporoval „výrobu na objednávku“, která umožňuje bez větších investic redukovat zásoby a zlepšuje přesnost plnění termínů. Aby toto bylo možné dosáhnout, musí se již při návrhu výrobní dispozice vyvážit výrobní kapacity (tvorba rodin příbuzných výrobků, zajištění pravidelného odběru a tím i výroby, použití principů skupinové technologie apod.). S vyvažováním výroby se musí začít ve finální montáži. [4]

Pro lepší pochopení principu Kanbanu je uveden tento popis, který je přirovnán k supermarketu [5]:

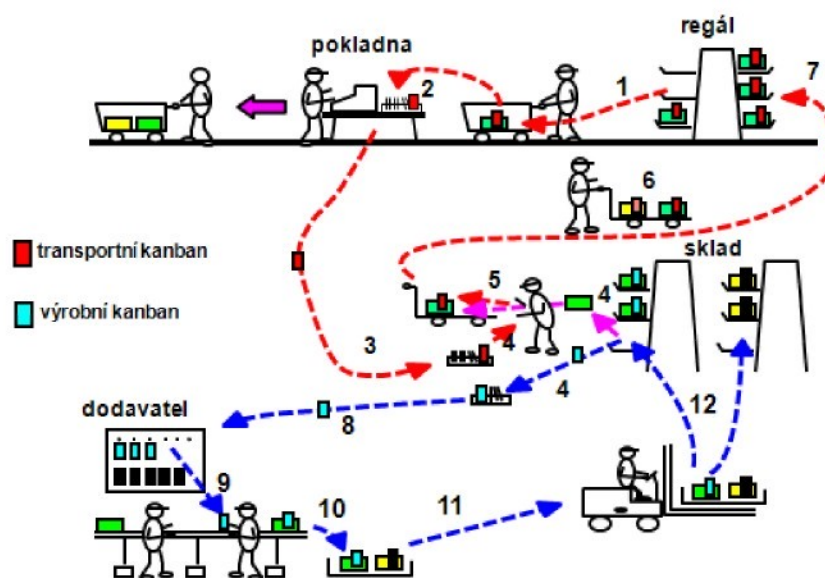
- Zákazník si z regálu vezme požadované zboží
- U pokladny jsou ze zboží sejmuty dopravní karty a položeny do skříňky (pošta kanban)
- Dopravní karty jsou poslány do skladu
- Poté, co je ze skladu odebráno zboží potřebné pro naplnění regálů, jsou dopravní karty vyměněny za karty výrobní, které se nacházely na zboží
- Výrobní karty jsou shromažďovány ve schránce (jiná pošta kanban)
- Zboží je nyní dovezeno do supermarketu a s dopravními kartami postaveno do regálů
- Výrobní karty jsou dodány zpět do továrny, kde se nyní vyrobí přesně množství stanovené pomocí výrobních karet
- Když je výroba ukončena, jsou na nově vyrobeném zboží umístěny výrobní karty
- Zboží je dáno do skladu, cyklus se uzavře

Princip řízení systémem Kanban spočívá ve vytvoření tzv. samořídících regulačních okruhů. I přes to existují úlohy, jejichž chod zajišťuje centrální řízení. Jedná se o termínové a kapacitní plány, vyhotovení karet, dále jejich dodání a odebrání, řízení pohybu dodávek, apod.

Tyto okruhy jsou aplikovány jednak vnitropodnikově – v tomto případě se jedná o interní kanban, dále se uplatňuje využití i mimo oblast podniku – zde hovoříme o externím kanbanu.

Co je nutné dodržovat při Kanbanu:

- Vyrábět jen to, co povoluje Kanbanová karta, která s sebou nese informaci o množství, typu výrobku, apod.
- Není přípustná výroba jiného množství výrobků, než to co udává Kanban karta
- Není přípustné převzetí nekvalitního výrobku z předchozí operace
- Bez Kanban karet není přípustné skladovat nebo přepravovat palety
- Počet Kanban karet v oběhu by mělo mít klesající tendenci, spolu s návazností na zlepšování procesů a eliminaci plýtvání



Obrázek 14: Princip systému Kanban [7]



Obrázek 15: Kanbanová karta (přední strana-nahoře, zadní strana-dole) [7]

3 Praktická část

Úkolem diplomové práce je zmapovat současnou situaci při výrobě brzd na montážní lince, nesoucí interní označení F3/F4, a za pomoci integrace nástrojů Lean Production nalézt řešení, která povedou ke zvýšení produktivity, snížení mezioperačních zásob, zvýšení průběžné doby výroby a její celkové optimalizace. Při tvorbě integračního postupu Lean production budu vycházet z odborné literatury, rad a zkušeností odborníků pracujících v tomto sektoru, dále ze zkušeností, které jsem načerpal během mého působení na pozici Procesní inženýr ve společnosti TI Automotive.

3.1. Definice hlavního cíle diplomové práce

Na základě výše uvedených skutečností byl stanoven hlavní cíl diplomové práce:

Optimalizovat výrobu brzd na montážní lince F3/F4.

3.2. Dílčí cíle diplomové práce

Při definování dílčích cílů se vyházelo z 5 kroků, které jsou popsány v metodě DMAIC, jakožto součást nástroje Six Sigma.

Dílčí cíle jsou brány jako osnova pro jednotlivé etapy řešení diplomové práce. Z tohoto důvodu je nutné jednotlivé cíle správně naplánovat a stanovené plány dodržet - bez splnění cíle předchozího není možné postoupit k cíli následujícímu. Jen díky tomu postupu lze dosáhnout kýženého výsledku, ve formě cíle hlavního.

Cíl č.1:	Definovat současný stav výroby	(Define)
Cíl č.2:	Graficky vyhodnotit současný stav	(Measure)
Cíl č.3:	Identifikovat kritická místa	(Analyze)
Cíl č.4:	Implementace nápravných opatření, vytvoření nového návrhu řešení	(Improve)
Cíl č.5:	Vytvoření akčního plánu	(Control)

Výše uvedené dílčí cíle byly promítnuty do celkového časového plánu, který popisuje průběh zpracování řešeného projektu, viz obrázek 16.

Cíl	Časová osa																											
	Červenec				Srpen				Září				Říjen				Listopad				Prosinec				Leden			
	KT27	KT28	KT29	KT30	KT31	KT32	KT33	KT34	KT35	KT36	KT37	KT38	KT39	KT40	KT41	KT42	KT43	KT44	KT45	KT46	KT47	KT48	KT49	KT50	KT51	KT52	KT53	KT01
cíl č. 1																												
cíl č. 2																												
cíl č. 3																												
cíl č. 4																												
cíl č. 5																												
Odevzdání																												

Obrázek 16: Časový plán pro řešení projektu

3.3. Definice současného stavu výroby

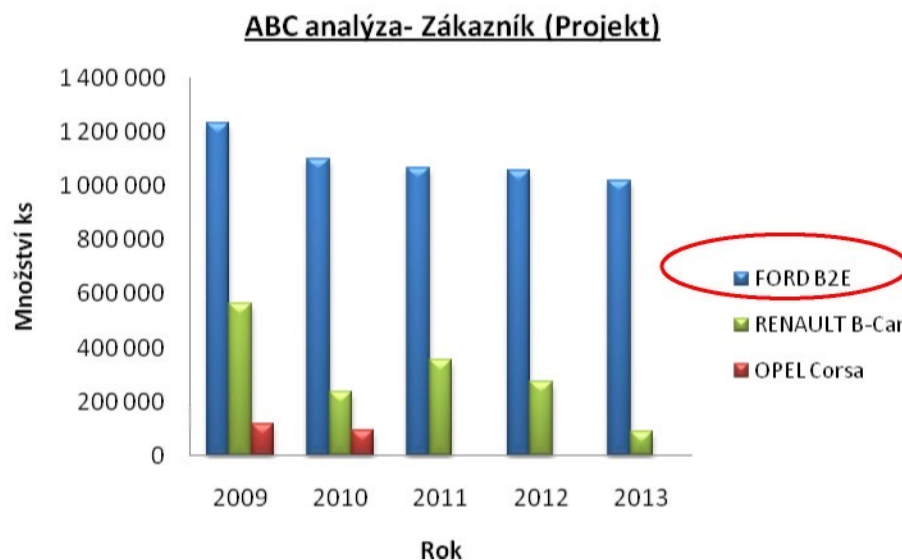
3.3.1. Sortiment linky

Na zmiňované lince jsou montovány tři typy brzd pro různé koncové zákazníky (projekty) - Opel (Corsa), Renault (B-Car), Ford (B2E). Odebírané množství se u každého zákazníka zcela liší.

Pomocí ABC Analýzy, vyplývající z Paretova pravidla, byl vybrán zákazník (projekt), který bude předmětem mého zájmu. Jedná se o zákazníka Ford - projekt B2E. Zásadním důvodem je až několikanásobně převyšující objem výroby, co se množství ks/rok týče, nad zbývajících projekty, viz Graf 1.

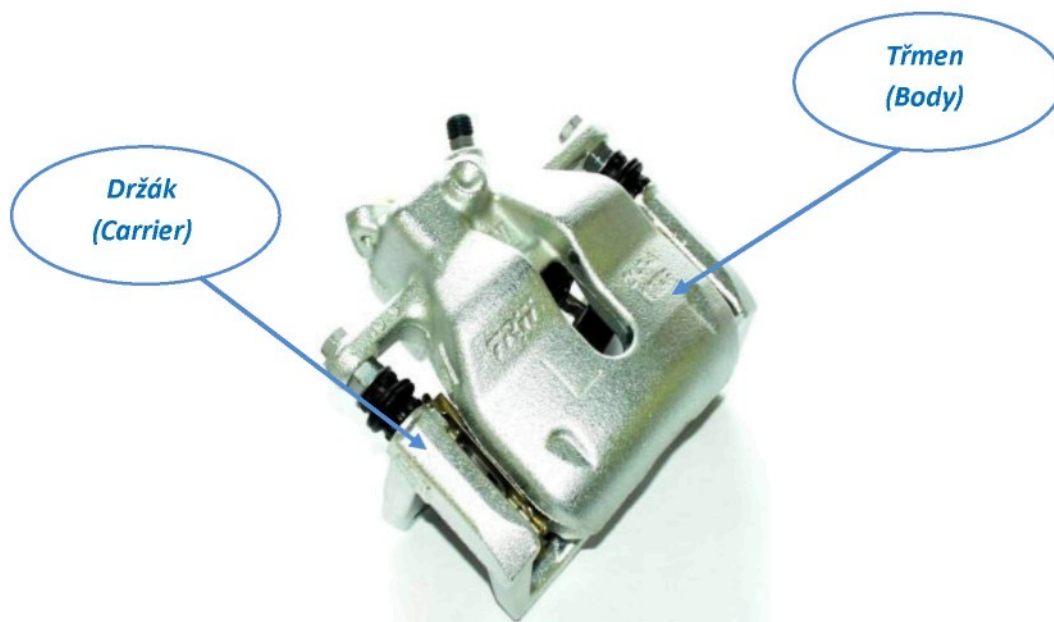


Obrázek 17: Aplikace koncového výrobku – brzdy projektu Ford B2E [7]



Graf 1: ABC analýza – Zákazník (projekt)

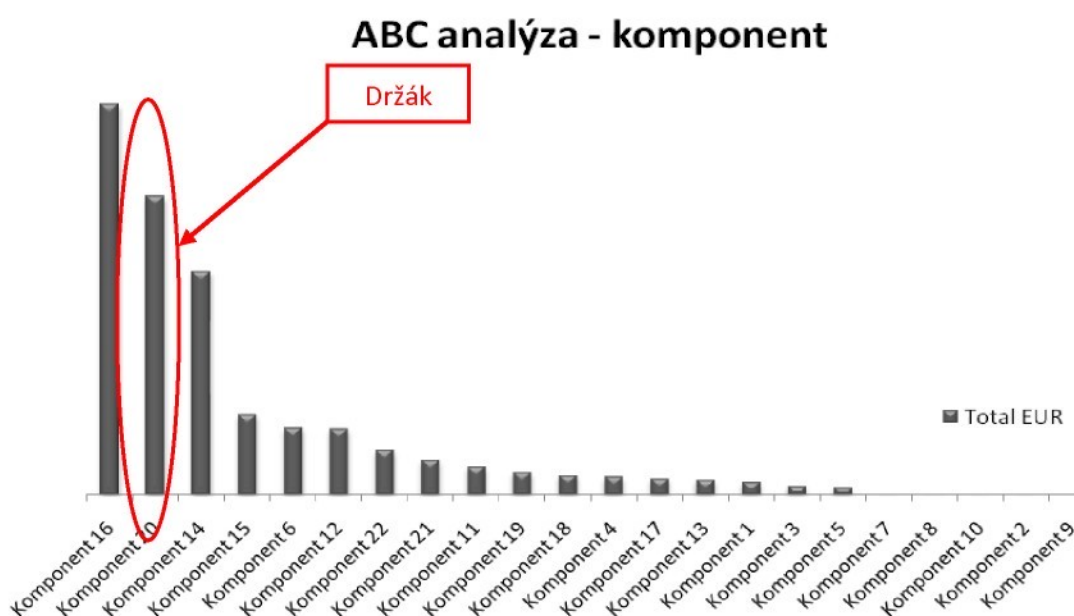
Z níže uvedeného Obrázku 18 je patrné, že koncový výrobek – brzda - je složena z několika dílů. Provést mapování hodnotového toku pro kompletní brzdou by bylo velice náročné, především časově. Z toho důvodu bylo opět použito ABC analýzy (viz. Graf 2) a s její pomocí byl vybrán díl, který bude předmětem mého zájmu při provádění analýz a monitoringu během výrobního procesu – jedná se o držák (carrier).



Obrázek 18: Koncový výrobek – sestava brzd [7]

Kritérium pro výběr komponentu tvoří jednak cena a také struktura výrobního procesu. Držák prochází procesem povrchové úpravy externě (u dodavatele PÚ), zatímco třmen se zpracovává komplexně (včetně PÚ) v prostorách firmy Lucas Varity s.r.o.

Z pochopitelných důvodů v Grafu 2 nemohou být zobrazeny názvy a ceny jednotlivých komponentů, za které je firma nakupuje, proto jsou vyjádřeny pouze graficky (bez uvedeného měřítka v podobě měny - svislá osa a pod pojmem komponent xx – vodorovná osa). Z grafu 2 je zřejmé, že vybraný držák není prvkem s nejvyšší hodnotou, ale je jedním ze tří dílů, které mají největší finanční podíl na celé brzdě.



Graf 2: Paretova analýza – komponent

3.3.2. Process flow výroby dílu

Výrobu brzdy předcházejí kroky v podobě jednotlivých technologií (procesů). Z obecného hlediska lze technologie rozdělit na:

- a) technologie zajišťované firmou Lucas Varity:
 - Obrábění
 - Povrchová úprava
 - Montáž

b) technologie nakupované:

- Odlévání
- Obrábění
- Povrchová úprava

Konkrétní případ výroby brzdy Ford nejlépe vystihuje process flow diagram, který je uveden na obrázku 19. Výše uvedené hledisko nám udává, že mezi nakupované technologie se v tomto případě řadí odlévání a povrchová úprava. Obě technologie jsou zajišťovány preferovanými dodavateli firmy Lucas Varity s.r.o.



Obrázek 19: Process flow diagram výroby brzdy Ford

3.4. Graficky vyhodnotit současný stav

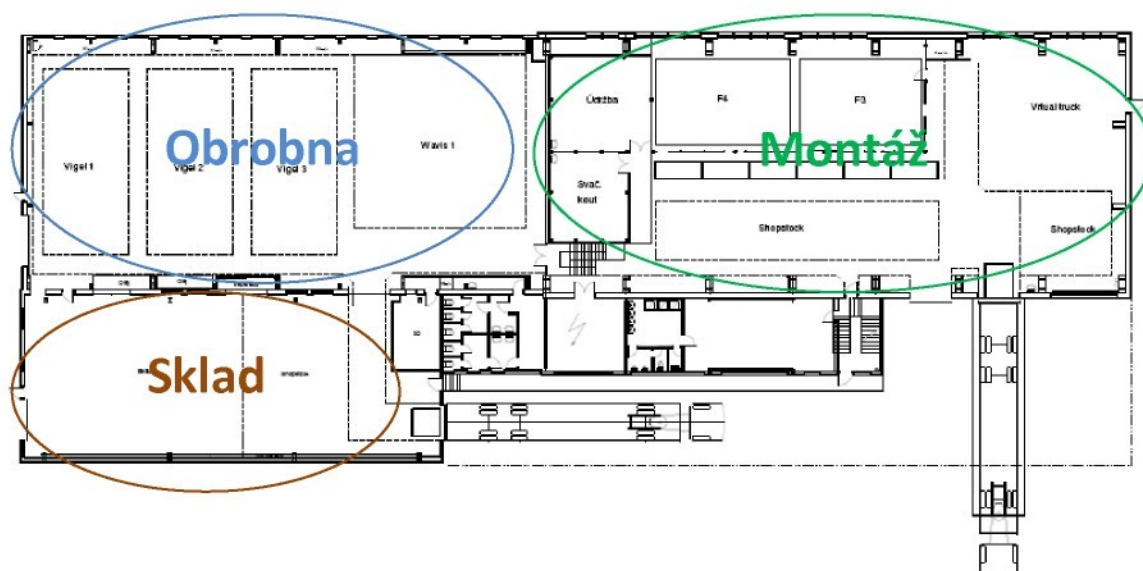
V této části Diplomové práce bylo klíčové zmapovat stávající situaci výroby brzd, tzn. zaměřil jsem se na:

- Layout haly, ve které se montážní linka spolu s obrobnou nachází
- Uspořádání pracovišť (buněk) na montážní lince
- Sběr dat z jednotlivých oddělení (výroba, logistika, nákup, atd.)
- VSM – nakreslení mapy aktuálního hodnotového toku
- Spaghetti diagram (pohyb držáku)

3.4.1. Layout výrobní haly

Výrobní hala pro Opel (Corsa), Renault (B-Car), Ford (B2E) tvoří samostatný objekt nacházející se v areálu Lucas Varity s.r.o. Sestává ze dvou hlavních částí – obrobny a montážní linky, jak je vidět na obrázku 20. Dále tyto dvě části doplňuje i menší skladovací prostor pro dva typy dílů, které se zde prolínají:

- a) Odlitky - jsou naváženy kamionem z externího (centrálního) skladu na základě požadovaných objemů a dále distribuovány k obráběcím linkám.
- b) Obrobky – jsou do tohoto místa naváženy od obráběcích linek, jejich transport je zajišťován interními manipulanty. Posléze jsou opět kamióny odváženy k dodavateli pro zajištění povrchové úpravy. Podrobnější pohyb výrobků bude popsán v kapitole 3.4.5., pomocí Spaghetti diagramu.



Obrázek 20: Layout výrobní haly

3.4.2. Uspořádání pracovišť (buněk)

Aby byla dodržena správná synchronizace toku materiálu, jsou pracoviště, nebo přesněji buňky, uspořádány do tvaru tzv. U-buněk a to jak na obrobňě, tak i na montáži. Zobrazení v podobě layoutu pracoviště zde bohužel nebude zobrazeno z důvodu know-how, které si firma Lucas Varity s.r.o. nepřeje zveřejňovat.

3.4.3. Sběr dat z hlavních toků

Pro vytvoření mapy aktuálního hodnotového toku (VSM) jsou důležitým pilířem data, která se týkají procesu, na nichž se dá „stavět“. Jedná se především o sběr dat ze dvou hlavních toků:

- Materiálový tok – lze si jej představit jako přeměnu materiálu a surovin v konkrétní výrobek pro zákazníka
- Informační tok – poskytuje nám informace typu: co se má vyrábět, kdy se to má vyrábět a co bude následovat

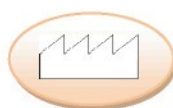
Informace o výše uvedených tocích byly získány od členů jednotlivých oddělení logistiky, výroby, nákupu a dále přímo na gembě, kde jsem se dotazoval vedoucích pracovníků, operátorů a manipulantů.

➤ *Informace o zákazníkovi*



Konečným zákazníkem je firma Ford, jak již bylo možné dedukovat z výše uvedených informací o výrobním programu. V současné době firma Lucas Varity dodává do dvou závodů – Ford Německo (Köln) a Ford Španělsko (Valencia). Průměrný požadavek na týden je v součtu cca. 25000 ks brzd, z něhož majoritnější podíl zaujímá Ford Německo (cca. 16000 ks). Balící jednotka činí 150 ks na paletě.

➤ *Informace o dodavateli odlitků*



Dodavatel odlitků je lokalizován v Omanu, tudíž vzdálenost do firmy Lucas Varity s.r.o. je přibližně 3500 km. Dodávky jsou zajišťovány lodí do přístavu v Hamburku a dále distribuovány kamióny do centrálního skladu. Četnost dodávek kamiónem je 2x týdně. Samotná lodní doprava trvá cca. 4-5 týdnů.

➤ *Informace o plánování*



Centrálním „mozkem“, přes který proudí do firmy Lucas Varity s.r.o. veškeré informační toky týkající se výroby, je systém nazývaný se MFG Pro. Tento systém zpracovává výhledy a objednávky od zákazníka, které jsou zasílány formou EDI, a naopak generuje objednávky pro dodavatele. Tyto objednávky si dodavatel sám stahuje z webového rozhraní – Sypply visualization (SV). Četnost v jakém dochází k přijímání/odesílání dat je následující:

Zákazník posílá výhledy v předstihu tří měsíců, 1x týdně zasílá závaznou objednávku.

Dodavateli je zasílán výhled v předstihu tří měsíců, 1x týdně je doručena závazná objednávka.

➤ *Informace o montážní lince*

Montážní linku tvoří dvě pracoviště (F3, F4), kde se používají totožné stroje a provádějí tytéž operace. Montážní linka se obsluhuje ve třisměnném provozu, 6 dní v týdnu. Časový fond snižují pravidelné přestávky, které vyplývají z bezpečnosti práce při manipulaci s těžkými předměty. Komponenty pro montáž brzd jsou zajišťovány formou kanbanu. Držák s povrchovou úpravou na linku vstupuje v balící jednotce, která čítá 144 ks/bedna. Výstupem z linky jsou smontované brzdy v balící jednotce 150 ks/paleta, které se dále odváží na stanoviště 100% kontroly a odtud dále do shopstocku hotových výrobků. Přehled informací o montážní lince je uveden v tabulce 1.

Tabulka 1: Přehled informací o montážní lince

Montážní linka		F3	F4
Počet operátorů		5,5 za směnu	5,5 za směnu
Počet pracovních dnů		6 za týden	6 za týden
Efektivní fond směn		74 700 s/den	74 700 s/den
Počet typů výrobků (4)		Ford L/R	Ford L/R
		B-Car L/R	Opel L/R
C/T		26 s	26 s
Počet dílů za cyklus		1 ks	1 ks
C/O	výrobek - výrobek	40 min	40 min
	levá-pravá	5 min	5 min
OEE		77,4%	77,8%

Popis	min	hod
Celkový pracovní fond	480	8
Čistý pracovní fond	415	6,92

Popis	min
Svačina	5
BOZP	10
Oběd	30
BOZP	10
TPM	10
CELKEM	65

➤ *Informace o obrobě*

CNC obráběcí linka, pod interním označením Wavis 1, se skládá z šesti strojů. Stroje 1., 2. a 3. provádí každý jinou operaci, stroje 4. a 5. provádí stejnou operaci a na posledním šestém stroji se provádí mytí. Linka vyrábí nepřetržitě, ve dvousměnném provozu, sedm dní v týdnu. Odlitky, které vstupují na linku jsou dodávány v balící jednotce 150 ks/bedna, obrobené díly jsou vkládány do bedny v množství 144 ks a posléze odváženy do skladu, kde čekají na odvoz k dodavateli povrchové úpravy. Přehled informací o montážní lince je uveden v tabulce 2.

Tabulka 2: Přehled informací o obrobě

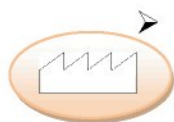
Wavis 1		
Počet operátorů	3,0 za směnu	
Počet pracovních dnů	7 za týden	
Efektivní fond směn	80 400 s/den	
Počet typů výrobků (4)	Ford	
	B-Car	
	Opel	
	Suzuki	
C/T	29,5 s	
Počet dílů za cyklus	2 ks	
C/O	300 min	
OEE	82,2%	

Popis	min	hod
Celkový pracovní fond	720	12
Čistý pracovní fond	670	11,17

Popis	min
Svačina	5
Oběd	30
TPM	15
CELKEM	50

➤ *Informace o dodavateli povrchové úpravy*

Obrobené díly se umisťují do skladu a odvážejí se 4x denně k dodavateli, kde se zajišťuje povrchová úprava. Dodavatel sídlí 25 km od závodu Lucas Varity s.r.o. a transport je zajišťován kamionovou přepravou (v mapě VSM je to vůz s označením B). V tuto chvíli se odvozy řeší operativně. Balící jednotka po procesu povrchové úpravy činí 144ks/bedna. Cyklový čas procesu u dodavatele činí 3600 s.



➤ *Informace o centrálním (externím) skladu*

Centrální sklad se nachází ve vzdálenosti 2 km od závodu Lucas Varity s.r.o. Vstupují do něj jednak odlitky zasílané dodavatelem odlitků, ty jsou uloženy v konsignaci, odkud jsou následně po proclení vyjmuty a naváženy dle požadavků k obrobně. Dále zde jsou uskladněny díly s povrchovou úpravou získané od dodavatele povrchové úpravy, jejichž distribuce k montážní lince je zajištěna pomocí kanban karet. Četnost navážení odlitků a dílů s povrchovou úpravou je každé 4 hod.

➤ *Informace o expedici*

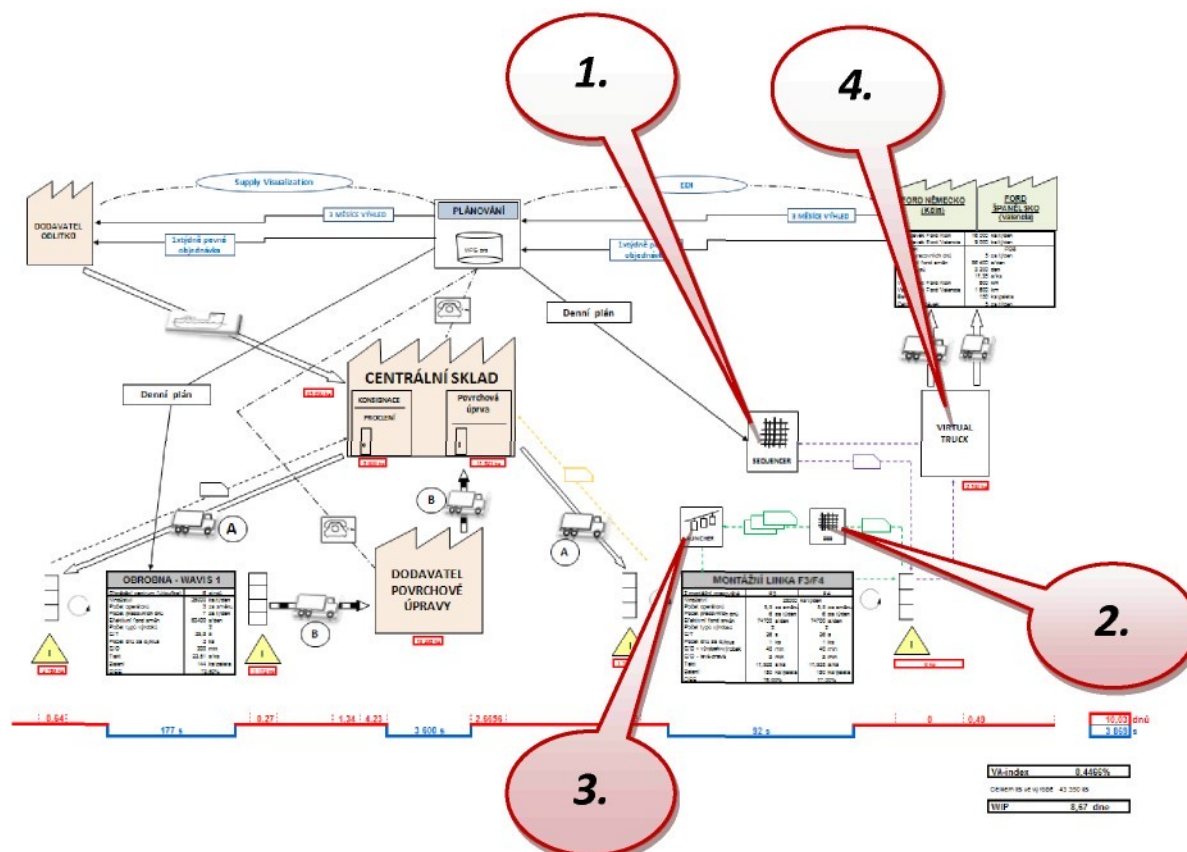
Manipulant zodpovědný za navážení dílů, na základě informací o denním expedičním plánu umístěným v Sequenceru (vysvětlení pojmu Sequencer viz. kapitola 3.4.4.), vyzvedává výrobky ze shopstocku hotových výrobků a naváží je do Virtuálního kamionu (popis co to je Virtuální kamion viz kapitola 3.4.4.). Odvoz hotových výrobků k zákazníkovi 4x týdně, v poměru 2x týdně pro Ford Německo (Köln) a 2x týdně pro Ford Španělsko (Valencia).

3.4.4. Grafické zhodnocení – zpracování mapy současného stavu

Výše uvedené informace o procesu budou sloužit jako podklad pro zpracování mapy současného stavu. Kreslení finální mapy, tj. počítačové formy mapy (viz Obrázek 22), předcházela důkladná prohlídka gemby. Prohlídka byla zahájena na výstupu - expedici (virtual truck) a ukončena ve skladu odlitků. Po dokončení prohlídky byly získané informace zaneseny do hrubé skicy – pracovní verze mapy (viz Obrázek 21). Do hrubé skicy byl zaznamenán stav rozpracované výroby v jednotlivých procesech, včetně aktuální skladové zásoby v místech skladování. Tato místa je důležité zaznamenat, protože nám ukazují, kde se materiálový tok zastavuje a zároveň poukazují na část hodnotového toku, který firmě nepřináší přidanou hodnotu a proto je důležité jej eliminovat. Takto identifikovaná místa nám mohou posloužit jako námět na zlepšení při zpracování mapy budoucího stavu.



Obrázek 21: Skica (pracovní verze) mapy současného stavu



Obrázek 22: Mapa současného stavu zpracovaná v pc

Doplňující informace k mapě současného stavu:*č.1 Sequencer:*

Zde jsou soustřeďovány kanbanové karty, odpovídající expedičním požadavkům finálního výrobku. Karty jsou vedoucím směny umístěny do odpovídajících okének dle časové osy, která je součástí Sequenceru. Umístěné kanbanové karty v Sequenceru jsou impulzem pro manipulanta, aby si ze shopstoku hotových výrobků vyzvedl v požadovaný čas a v požadovaném množství výrobky a začal je navážet do virtuálního kamiónu (vysvětlení viz. Virtuální kamión). V odborných literaturách se místo pojmu Sequencer uvádí pojem Heijunka.



Obrázek 23: Sequencer

č.3 Batch Building Box (BBB):

Pracuje na obdobném principu jako Sequencer, pouze s tím rozdílem, že zde je tvořena dávka v podobě kanbanových karet pro montážní linku. Karty jsou umísťovány do příslušných okének, až do doby, kdy dojde k jejich zaplnění – v tento okamžik je dosažena tzv. výrobní dávka a montážní linka dostává impuls o požadavku výroby. Buňkař nakumulované karty vyzvedne, sepne je sponkou a zavěsí do Launcheru. V odborných literaturách se místo pojmu Batch Building Box spíše uvádí pojem Kanabanová tabule.



Obrázek 24: Batch Building Box

č.4 Launcher:

Nachází se přímo na montážní lince a jedná se vlastně o stojan, který je barevně odstupňován zelenou, žlutou a červenou barvou. Buňkař zavěšuje karty v pořadí, jaké mu udává BBB. Důvod barevné odlišnosti je tento:

- | | |
|---------|---|
| Zelená | – množství vůči taktu linky je vyrobitelné |
| Žlutá | – hrozí, že linka nebude stačit vyrábět |
| Červená | – linka nestíhá vyrábět a hrozí, že nepokryje požadavky zákazníka |



Obrázek 25: Launcher

č.5 Virtual truck (Virtuální kamión):

Označené místo, kam jsou manipulantem navezeny hotové výrobky dle expedičního plánu. Jak už název napovídá, jedná se o množství, které bude naloženo na kamión a odesláno k zákazníkovi. Každá připravovaná zásilka v tomto prostoru zároveň vypovídá v jakém stavu vůči časovému termínu odvozu a požadovanému množství se nachází. Tato informace je zajištěna pomocí tzv. „totemu“ (viz. obrázek 27) , což není nic jiného než stojan, který má na sobě připevněn expediční list a manipulant do něj zaznamenává, kolik beden je z celkového počtu požadovaných již připraveno. Opět zde fungují barvy pro lepší informovanost:

Zelená	– kompletní zásilka připravena před odvozem v inkriminovanou hodinu
Žlutá	– požadovaná dávka se právě naváží
Červená	– je ohrožena dodávka k zákazníkovi



Obrázek 26: Virtual truck



Obrázek 27: Stojan „totem“ a expediční list

Výpočet zákaznického taktu:

Pro výpočet zákaznického taktu byl použit vzorec (3), který definuje, jak rychle by měl daný proces probíhat, aby byly zajištěny požadavky zákazníka.

Numericky znázorněno to znamená, že pokud je týdenní požadavek 25000 ks a čistý časový fond za týden (5 pracovních dní) činí 86400 s (firma kalkuluje 48 pracovních týdnů v roce), vychází zákaznický takt 17,3 sec. Výpočet je uveden ve vzorci (4).

$$TAKT = \frac{86400 \cdot 5}{25000} = 17,3s$$

(4)

Výpočet VA-indexu:

Pro zjištění časů, které přidávají hodnotu a které nikoliv, bylo nezbytné nejprve přepočítat velikost skladových zásob do časových jednotek (v daném případě dny) podle denních požadavků zákazníka.

VA-linka nacházející se ve spodní části mapy, reflektuje vypočítané hodnoty a rozděluje je na časy, které nám přidávají hodnotu a na časy celkové průběžné doby výroby. Hlavním výstupem celého snažení je tzv. VA-index vyjádřený v procentech, který získáme podílem obou těchto časů, tzn. čas přidávající hodnotu výrobku, ku času, který hodnotu výrobku nepřidává, viz.vzorec (5). Tento index ukazuje na skutečnost, kolik procent z celkové průběžné doby výroby tvoří plýtvání a kolik práce přidává hodnotu.

$$VA-index = \frac{3869}{866419} \cdot 100 = 0,4466\%$$

(5)

Výpočet WIP:

Pro získání přehledu o rozpracovanosti v procesu byl proveden výpočet výše uvedeného indexu pomocí vzorce (6), udávající podíl součtu všech zásob, které se v procesu objevují mezi skladem a expedicí, vůči dennímu požadavku zákazníka. V daný moment, kdy bylo prováděno mapování na gembě, činily zásoby 43 350ks.

$$WIP = \frac{43350}{25000 / 5} = 8,67 \text{dnů} \quad (6)$$

Sběr dat z procesu a zpracování:

Na každém pracovišti jsou sledována výstupní data, tzn. OEE, prostoje, přeseřizení (C/O), plánované odstávky, atd. Tyto údaje jsou v průběhu každé směny zapisovány vedoucím pracovníkem příslušného pracoviště (tzv. buňkařem) přímo do tzv. Listu průkaznosti (LP), který je propojen s celopodnikovým systémem.

LP obsahuje základní informace, jako je číslo dílu, zákaznický projekt, takt linky, časový fond směny, jméno operátora a buňkaře, časový údaj o začátku a ukončení prostoje, jeho popis a krátce popsané nápravné opatření.

Získané informace je možné průběžně kontrolovat, nebo je použít pro jejich další zpracování v podobě reportingu pro management, provádění analýz, vyhodnocení spotřeby nástrojů, atd. Vyplněný List průkaznosti je na obrázku 28.

Za pomoci tohoto způsobu sběru dat a celopodnikového systému byly získány informace o jednotlivých pracovištích. Tyto informace byly uspořádány do tabulek (tabulka 3 až tabulka 5) a vypočítány průměrné hodnoty za sledované období. Je nutné podotknout, že součástí období, kdy bylo prováděno mapování, probíhala celozávodní dovolená (týden 30 a 31) a tudíž jsou výsledky dva – průměr za celé sledované období (tzn. celkem 11 týdnů) a průměr za období bez celozávodní dovolené (tzn. 9 týdnů). Grafické vyhodnocení údajů ze všech pracovišť za celé období 11 týdnů je patrné z grafu 4 až 5.

Tabulka 3: Výstupní data o časovém využití – Obrobná (Wavis1)

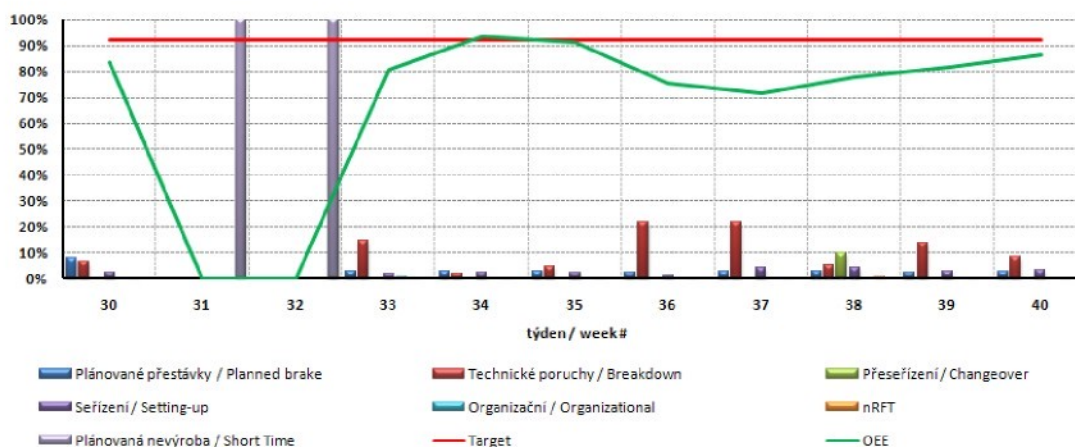
týden	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	Průměr	
												Dovolená	Bez dovolené
Plánované přestávky / Planned brake	7,92%	0,00%	0,00%	2,78%	2,78%	2,78%	2,08%	2,57%	2,78%	2,08%	2,34%	2,55%	3,12%
Technické poruchy / Breakdown	6,52%	0,00%	0,00%	14,37%	1,64%	4,47%	21,67%	21,57%	5,16%	13,75%	8,25%	8,85%	10,82%
Přeseřizování / Changeover	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	9,82%	0,00%	0,00%	0,89%	1,09%
Seřizování / Setting-up	2,24%	0,00%	0,00%	1,68%	2,14%	1,95%	0,94%	4,15%	4,24%	2,62%	3,13%	2,10%	2,56%
Organizační / Organizational	0,00%	0,00%	0,00%	0,52%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	0,06%
nRFT	0,17%	0,00%	0,00%	0,07%	0,08%	0,04%	0,04%	0,23%	0,45%	0,02%	0,03%	0,10%	0,13%
Plánovaná nevýroba / Short Time	0,00%	100,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	18,18%	0,00%
Target	92,00%	92,00%	92,00%	92,00%	92,00%	92,00%	92,00%	92,00%	92,00%	92,00%	92,00%	92,00%	92,00%
OEE	83,15%	0,00%	0,00%	80,59%	93,36%	90,77%	75,27%	71,48%	77,56%	81,53%	86,25%	67,27%	82,22%

Tabulka 4: Výstupní data o časovém využití – Montáž F3

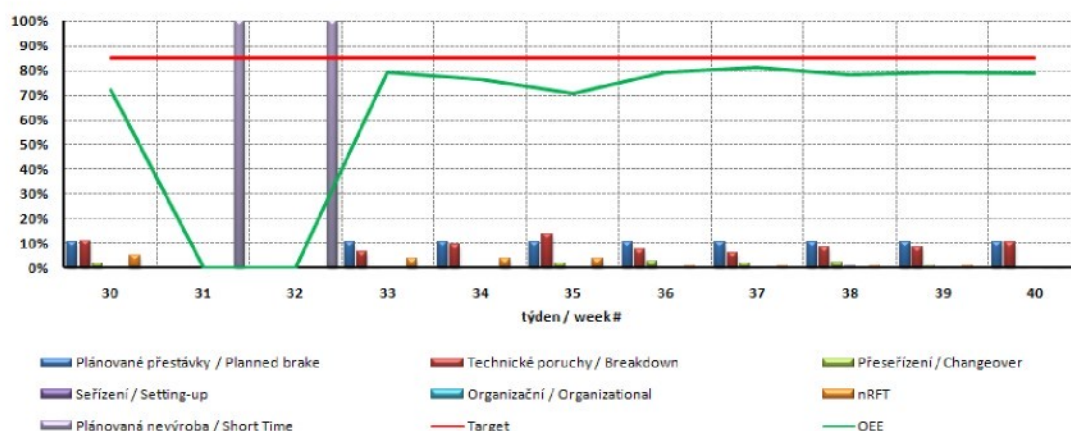
týden	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	Průměr	
												Dovolená	Bez dovolené
Plánované přestávky / Planned brake	10,42%	0,00%	0,00%	10,42%	10,42%	10,42%	10,42%	10,42%	10,42%	10,42%	10,42%	8,52%	9,38%
Technické poruchy / Breakdown	10,81%	0,00%	0,00%	6,48%	9,47%	13,75%	7,17%	6,00%	8,08%	8,10%	9,98%	7,26%	7,98%
Přeseřizování / Changeover	1,84%	0,00%	0,00%	0,13%	0,00%	1,68%	2,34%	1,50%	1,85%	0,71%	0,29%	0,94%	1,03%
Seřizování / Setting-up	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,08%	0,45%	0,22%	0,00%	0,07%	0,07%
Organizační / Organizational	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,11%	0,35%	0,12%	0,05%	0,06%
nRFT	4,75%	0,00%	0,00%	3,55%	3,50%	3,55%	0,66%	0,70%	0,66%	0,76%	0,35%	1,68%	1,85%
Plánovaná nevýroba / Short Time	0,00%	100,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	18,18%	10,00%
Target	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%
OEE	72,18%	0,00%	0,00%	79,42%	76,62%	70,60%	79,41%	81,31%	78,43%	79,44%	78,84%	63,30%	77,36%

Tabulka 5: Výstupní data o časovém využití – Montáž F4

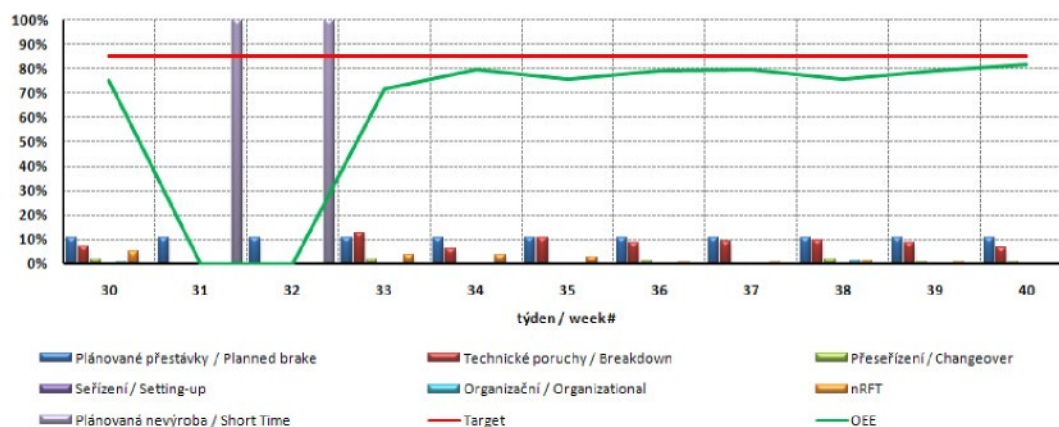
týden	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	Průměr	
												Dovolená	Bez dovolené
Plánované přestávky / Planned brake	10,42%	10,42%	10,42%	10,42%	10,42%	10,42%	10,42%	10,42%	10,42%	10,42%	10,42%	10,42%	10,42%
Technické poruchy / Breakdown	7,21%	0,00%	0,00%	12,55%	6,11%	10,42%	8,60%	9,16%	9,66%	8,55%	6,75%	7,18%	7,90%
Přeseřizování / Changeover	1,63%	0,00%	0,00%	1,46%	0,00%	0,16%	0,97%	0,14%	1,74%	0,82%	0,64%	0,69%	0,76%
Seřizování / Setting-up	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,08%	0,30%	0,23%	0,00%	0,06%	0,06%
Organizační / Organizational	0,38%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,12%	0,00%	0,00%	1,16%	0,00%	0,13%	0,16%	0,18%
nRFT	4,87%	0,00%	0,00%	3,74%	3,34%	2,79%	0,36%	0,49%	0,90%	0,79%	0,17%	1,59%	1,74%
Plánovaná nevýroba / Short Time	0,00%	100,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	18,18%	10,00%
Microstop	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Target	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%	85,00%
OEE	75,50%	0,00%	0,00%	71,84%	80,13%	76,09%	79,66%	79,72%	75,83%	79,19%	81,90%	63,62%	77,76%



Graf 3: Výstupní data o časovém využití - Obrobna (Wavis1)



Graf 4: Výstupní data o časovém využití - Montáž F3



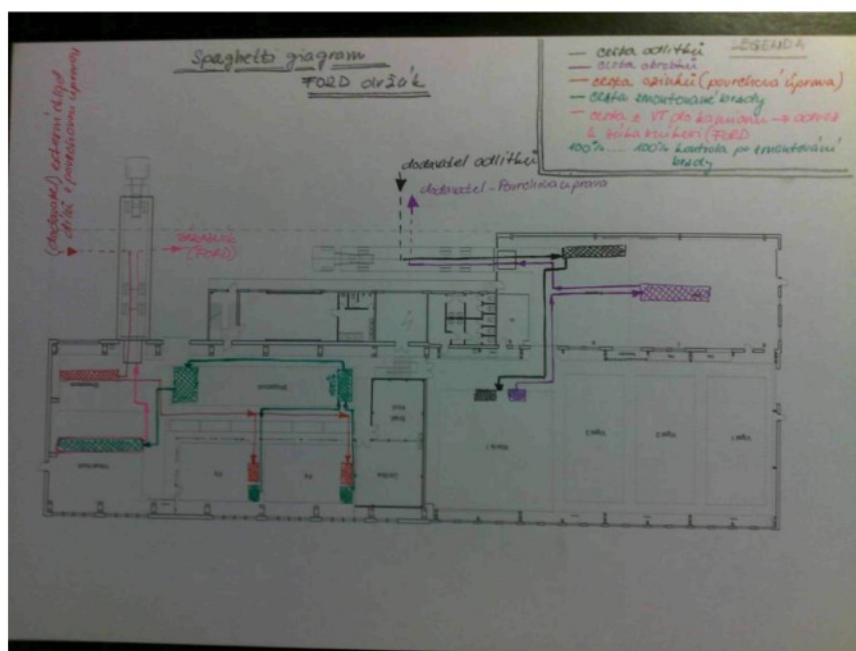
Graf 5: Výstupní data o časovém využití - Montáž F4

Výkres : 3239524 BMW MINI 15"-dělák obrobek Index : 0 Směna : 690 min. Zrůny : 0 min. Takt : 19,17 Smykadlo : Smykadlo 14		Op. Stroj 000 Buřkař 010 STAMA C op.10 Hoffmann 015 STAMA C op.15 TOS Kufm 020 STAMA C op.20 stroj Stama C 025 STAMA C op.25 pračka Hefroy 050 3D VWaR	Č.stroje 00001 70001 70004 70003 70002 70027	Pracovník ŘADA Josef KUPEC Ladislav HUDEC Vladimír	Čas (min.) 0 690 690 0 0 690	☒ N ☐ P ☐ O	Datum : 23.11.2009 Tyden : 48 Dat. kód : A48V Jméno : MILDNER Miroslav Středisko : 1110
Provedeny úkony denní údržby na strojích a zařízení : ANO							
Čas	Ks	D/Z	Kódy upínač				
18:05	2	D	4				
18:50	158	D	3				
19:35	316	D	2				
20:10	1						
Typ prostroje Seřizovací		Operace 010		Popis Seř smykadla 97,3+83,5	Začátek 20:35	Konec 20:35	Hodnoty
20:40	474	D	1				
21:25	632	D	6				
21:40	1	Z					
Typ prostroje Seřizovací		Operace 020		Popis zALOMENÝ DÉLÁK Č.4	Začátek 21:40	Konec 21:45	Hodnoty 1026 51,5-8,510
22:15	790	D	5				
23:00	948	D	4				
23:20	1						
Typ prostroje Seřizovací		Operace 015		Popis Výměna fréz-tupé	Začátek 23:20	Konec 23:50	Hodnoty 1031 1032 zelené
23:30	1						
Typ prostroje Seřizovací		Operace 020		Popis Výměna dělaku-malý průměr	Začátek 23:30	Konec 23:35	Hodnoty 1014 8,514-51,2
00:15	1						
Typ prostroje Seřizovací		Operace 020		Popis Seř zahloubení vrtáků+seř rozteče 118,0	Začátek 00:15	Konec 00:20	Hodnoty 1285 118,05 1286 ok.
00:20	1106	D	3				
01:35	1264	D	2				
02:20	1422	D	1				
03:05	1580	D	6				
03:50	1738	D	5				
04:35	1896	D	4				
05:20	2054	D	3				
05:50	2160	D					
Typ prostroje Ostatní		Důvod 9028		Popis	Začátek 05:50	Konec 06:00	
D	VZ	SZ	MZ	Repase			
2160	1	0	0	0	Detail		

Obrázek 28: Vyplněný List průkaznosti

3.4.5. Spaghetti diagram

Nejjednodušší analýzou pro vyjádření cest, které musí daný výrobek (materiál) urazit, je tzn. Spaghetti diagram. Ten byl nejprve vytvořen ručně do stávajícího layoutu výrobní haly (Obrázek 29) a následně překreslen do pc (Obrázek 30). Jednotlivé trasy byly zjištěny přímo na gembě s pomocí vedoucích pracovníků jednotlivých pracovišť a s manipulanty, kteří se účastní návozu materiálu. Z layoutu výrobní haly vyplývá, že trasy k jednotlivým pracovištím nejsou nijak komplikované a vzdálenosti, které je potřeba urazit, nejsou dlouhé. Proces je koncipován tak, že návozy nejsou přímo propojeny mezi obrobnou a montážní linkou. Například po obrobení se obrobek vrací zpět do skladu, odkud je transportován k dodavateli povrchové úpravy. Obdobně je to zajištěno i v oblasti montážní linky, s tím rozdílem, že díly jsou naváženy přímo z externího skladu. Dále byl pro zajímavost do celkového mapování vzdáleností zahrnut i externí pohyb dílu. Vzdálenosti jednotlivých cest a jejich celkové vyčíslení uvádí Tabulka 6.



Obrázek 29: Ruční zpracování Spaghetti diagramu



Obrázek 30: Zpracování Spaghetti diagramu v pc

Tabulka 6: Přehled cest a vzdáleností

#	Popis cesty	Stav dílu	Vzdálenost (m)
Interní pohyb	1. Kamion (Externí sklad) - Shopstock odlitků	Odlitek	21
	2. Shopstock odlitků - Obrobna	Odlitek	23
	3. Obrobna - Shopstock obrobků	Obrobek	23
	4. Shopstock obrobků - Kamion (Povrchová úprava)	Obrobek	33
	5. Kamion (Externí sklad) - Shopstock Povrchové úpravy	Ozinek	18
	6. Shopstock Povrchové úpravy - Montáž F3	Ozinek	22
	7. Shopstock Povrchové úpravy - Montáž F4	Ozinek	33
	8. Montáž F3 - 100% kontrola	Sestava brzdy	17
	9. Montáž F4 - 100% kontrola	Sestava brzdy	7
	10. 100% kontrola - Shopstock sestav	Sestava brzdy	21
	11. Shopstock sestav - Virtual truck	Sestava brzdy	11
	12. Virtual truck - Kamión (Zákazník)	Sestava brzdy	24
Externí pohyb	1a. Dodavatel odlitků - Externí sklad	Odlitek	3 500 000
	1b. Externí sklad - Shopstock odlitků	Odlitek	2 000
	4a. Shopstock obrobků - Dodavatel (Povrchová úprava)	Obrobek	25 000
	4b. Dodavatel (Povrchová úprava) - Externí sklad	Ozinek	25 000
	5a. Externí sklad - Shopstock Povrchová úpravy	Ozinek	2 000
	12a. Lucas Varity s.r.o. - Zákazník Ford Köln	Sestava brzdy	600 000
	12a. Lucas Varity s.r.o. - Zákazník Ford Valencia	Sestava brzdy	1 600 000

Hodnoty celkem	
Interní pohyb (m)	252
Externí pohyb k zákazníkovi Ford Köln (m)	4 154 000
Externí pohyb k zákazníkovi Ford Valencia (m)	5 154 000
Interní + Externí pohyb k zákazníkovi Ford Köln (m)	4 154 252
Interní + Externí pohyb k zákazníkovi Ford Valencia (m)	5 154 252

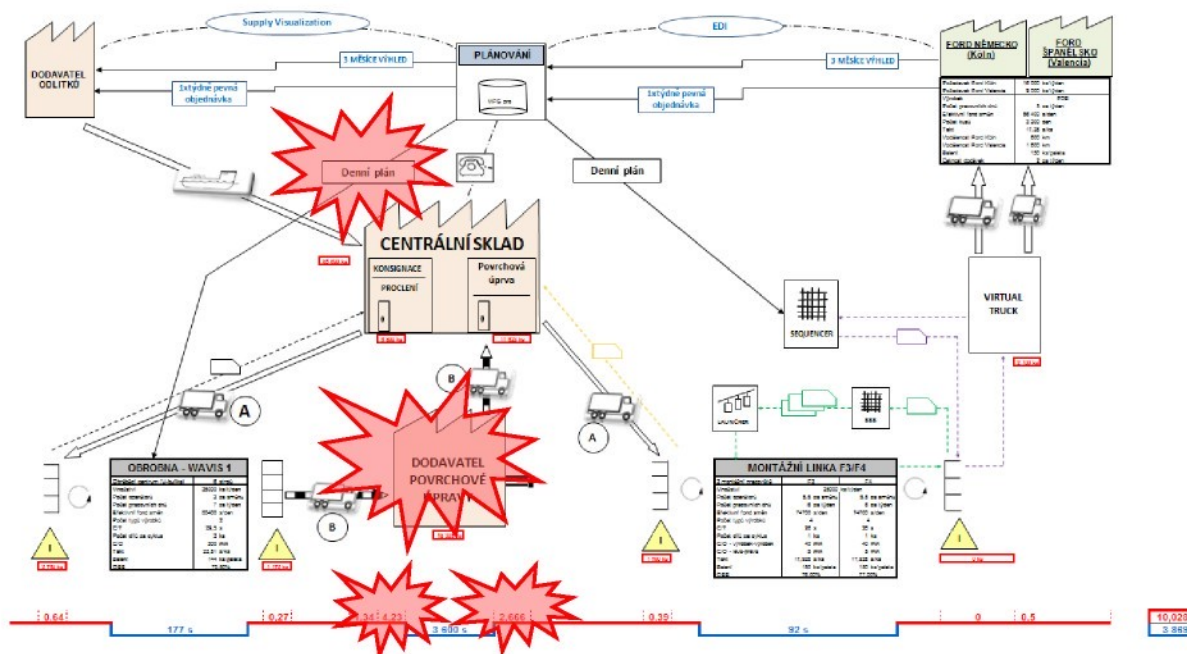
Uvedené hodnoty v tabulce udávají, jak velkou vzdálenost musí sledovaný díl urazit, než se dostane k zákazníkovi. Pro zákazníka Ford Köln to činí cca. 4154 km a pro zákazníka Ford Valencia je tomu cca. 5154 km. Interní pohyb dílu přitom činí pouze cca. 252 m.

3.5. Identifikace kritických míst v současném stavu a jejich analýza

Už při prvním pohledu na současnou situaci se nabízejí místa, která volají po hlubší analýze. Jedná se především o detailní analýzu skladových zásob u dodavatele povrchové úpravy a externího (centrálního) skladu nebo implementace nového nástroje z nabídky Lean production. Díky těmto změnám se dá očekávat, že bychom měli dosáhnout nižších skladových zásob, které v současné chvíli činí 11523 ks v Centrálním skladu a 18305 ks u dodavatele PÚ. Dále pak zvýšení VA-indexu, jenž je úzce spojen právě se zmiňovanou skladovou zásobou.

Nejjednodušším způsobem, jak identifikovat místa plýtvání nebo místa, vymykajících se standardů štíhlé výroby, je s pomocí mapy současného stavu. Do této mapy byly za pomoci ikon pro rychlé změny označena místa, která byla detailněji zanalyzována z důvodu dalšího zlepšování (obrázek 31). Jedná se o:

- Analýza velikosti minimálních zásob obrobků na obrobně a u dodavatele povrchové úpravy
- Analýza velikosti minimálních zásob v externím (centrálním) skladu
- Změnu informačního toku mezi obrobnou a plánováním výroby, za pomoci instalace BBB a Launcheru mezi obrobnou a montáž



Obrázek 31: Mapa současného stavu s vyznačenými místy pro rychlé změny

3.5.1. Analýza velikosti minimálních zásob obrobků na obrobně a u dodavatele povrchové úpravy

Za současného stavu je informační tok mezi Lucas Varity s.r.o. a dodavatelem povrchové úpravy zajišťován jednak pomocí aplikace Supply visualization, dále také operativně telefonem a e-maily z oddělení plánování výroby, a to dle aktuálních potřeb ve výrobě. Díky tomuto není zaručen přehledný a spolehlivý tok materiálu, jako tomu je např. mezi externím skladem a obrobnou při dodávkách odlitků, kde je již zavedeno a plně funguje řízení pomocí Kanbanu. Z této skutečnosti také pramení vysoké zásoby materiálu, jak u dodavatele povrchové úpravy, tak i v centrálním skladu, které jsou nastaveny na přibližně dvou až tří denní rozpracovanost Forda B2E.

Cílem tedy je provést analýzu zásob a připravit podklady pro zavedení Kanbanového způsobu řízení i pro tento informační tok. Aby tak bylo možné učinit, je nejprve nutné provést analýzu týkající se času dopravy a zákaznických požadavků a vypočítat minimální skladové zásoby, tak aby nebyla ohrožena výroba.

Zákaznické požadavky a četnost dopravy

Týdenní plán expedice hotových výrobků pro jednotlivé zákazníky je uveden v Tabulce 7. Plán je samozřejmě specifický pro každý týden – záleží na požadavku zákazníka, jaký den požaduje výrobky.

Tabulka 7: Expediční plán

Projekt	Destinace	Typ brzdy	(ks)							Prům. denní požadavek (ks)
			Po	Út	St	Čt	Pá	So	Ne	
B-Car	OYAK Turecko	32036191PHS	1 350		1 350	1 200				1 300
		32036192PHS	2 550		1 350	1 200				1 700
	ACI Mioveni	32036191PHS		450	1 050	450				650
		32036192PHS		450	1 050	450				650
Corsa	Fagor	32034304PAF		2 490						2 490
		32034305PAF		2 490						2 490
B2E	Ford Werke Köln	67033065PDR	1 800	1 650	1 950	1 350	1 350			1 620
		67033066PDR	1 800	1 650	1 950	1 350	1 500			1 650
	Ford ES Valencia	67033065PDR	900	900	900	1 050	900			930
		67033066PDR	900	900	900	1 050	900			930
Celkem (ks)										14 410

Tabulka poukazuje na skutečnost, že montážní linka musí být připravena zpracovat 14410 ks, což činí maximum, pokud by ve stejný den byly plánovány odvozy pro všechny zákazníky.

Co se četnosti expedice týče, tak z tabulky vyplívá, že B-Car je expedován 3x týdně, Corsa vykazuje jisté specifikum, jelikož odvozy se provádějí jednou za 14 dní. Expedice B2E se provádí každý den. Průměrné denní množství B-Car je 4980 ks, Corsa 4300 ks a B2E 5130 ks.

Výpočet minimální skladové zásoby

Pro výpočet minimální skladové zásoby byla brána v potaz informace, že skladová zásoba musí být taková, aby pokryla jednak čas (četnost) dopravy a také nevýrobní čas, což je v tomto případě doba přeseřizování.

Množství dílů v shopstocku za obrobnou je uvedeno v Tabulce 9. Nejprve bylo důležité zvolit, do jaké kategorie vyráběný díl spadá - „high runner“ (HR), „middle runner“ (MR) a „low runner“ (LR), tzn. který z dílů má nejvyšší prioritu co se výrobního množství týče, viz tabulka 8. Pro stanovení trvání dávky byl vynásoben čas přeseřizování stroje (z jednoho typu výrobku na jiný) příslušným koeficientem, viz (7). Ford B2E je vysokoobrátkový díl, tudíž deseti. Informace o obrobně viz Tabulka 2.

Uvedené hodnoty koeficientu vycházejí ze zkušeností firmy Lucas Varity s.r.o., která tyto hodnoty používá při plánování výroby a příslušných kapacitních propočtech na ostatních výrobních linkách.

$$VD_{MIN} = 10 \cdot 300 = 3000 \text{ min} \quad (7)$$

Tabulka 8: Definice násobku

Násobek	Popis AJ	Popis CZ	Zkratka
10	High runner	Vysoko obrátkový díl	HR
7	Middle runner	Středně obrátkový díl	MR
3	Low runner	Nízko obrátkový díl	LR

Výrobní dávka v minutách byla převedena na kusy, což definuje vztah podílu VD_{min} ku cyklovému času. (8)

$$VD_{KS} = \frac{VD_{MIN}}{C/T} = \frac{3000 \cdot 60}{14,75} = 12203 \text{ ks} \quad (8)$$

Obdobným způsobem se určilo množství kusů pro nevýrobní čas v podobě přeseřizování (9).

$$C/O_{KS} = \frac{C/O}{C/T} = \frac{300 \cdot 60}{14,75} = 1220 \text{ ks} \quad (9)$$

Celková výše zásob shopstocku za obrobnou je tedy výsledkem součtu VD_{KS} a C/O_{KS} (10).

$$Shopstock_{OBROBNA} = C/O_{KS} + VD_{KS} = 1220 + 12203 = 13424 \text{ ks} \quad (10)$$

Tabulka 9: Množství dílů v shopstocku za obrobnou

Runner	Zákazník	Projekt	VD		C/O (ks)		Min. skladové zásoby (ks)
			min	ks	min	ks	
3	Opel	Corsa	900	3 661	300	1 220	4 881
10	Ford	B2E	3 000	12 203	300	1 220	13 424

legenda:

VD - Výrobní dávka

C/O - Change over (čas přeseřizování)

Četnost navážení obrobených dílů z obrobny k dodavateli PÚ činí 6 hodin. Zde se vycházelo z požadavků montáže, jelikož ta potřebuje díly s povrchovou úpravou pro finální výrobky. Vysvětlení úvahy bude demonstrováno na příkladu pro Ford B2E, tento postup byl aplikován i na ostatní projekty. Opět se vycházelo z expedičního plánu, co se množství odběru týče. Montážní linka by za ideálního stavu, což je v tomto případě 100% OEE, požadovala pouze 214 ks za hodinu. Na základě získaných údajů o montážní lince (viz Tabulka 3, Tabulka 4), je známo, že průměrné OEE za 11 týdnů je 77,6%. Touto hodnotou byl vynásoben denní časový fond a získán tak reálný výsledek o požadovaném množství dílů na montážní lince. Výpočet dle vzorce (11).

$$Odber_{KS/HOD} = \frac{ks/den}{24 \cdot OEE} = \frac{5130}{24 \cdot 77,6\%} = 275ks/hod \quad (11)$$

V tuto chvíli je znám požadavek za hodinu, pro pokrytí četnosti jízd stačí pouze vynásobit obě čísla mezi sebou. Jelikož se během transportu mohou vyskytnout jakékoliv nepředpokládané problémy, v podobě např. dopravní zácpy, poruchy kamiónu, atd., byl z tohoto důvodu brán v úvahu ještě bezpečnostní koeficient, jenž se stanovil na velikost 20% po dohodě s vedoucím logistiky. Výpočet demonstuje vzorec (12), jehož výsledkem je velikost shopstocku u dodavatele povrchové úpravy.

$$Shopstock_{DPÚ} = \text{četnost jízdy} \cdot \text{odber}_{KS/HOD} \cdot \text{koeficient} = 6 \cdot 275 \cdot 20\% = 1983ks \quad (12)$$

Tabulka 10: Množství dílů pro pokrytí četnosti jízd mezi: obrobna - DPÚ

četnost jízd TRW - DPÚ (hod)	6
bezpečnostní koeficient	20%

Zákazník	Projekt	ks/rok	ks/týden	ks/den	odběr montáže (ks/hod)		min. zásoba (ks)	
					100%	77,6%	bez koef.	s koef.
Opel	Corsa	119 520	4 980	4 980	208	267	1 604	1 925
Renault	B-car	561 600	11 700	3 900	163	209	1 256	1 508
Ford	B2E	1 231 200	25 650	5 130	214	275	1 653	1 983

legenda:

DPÚ - Dodavatel povrchové úpravy

den=24hod --> 100% OEE

den=18,624hod --> 77,6% OEE (24x77,6%=18,624hod)

Shrnutí:

Velikost shopstocku, dle výše uvedených úvah podložených vzorci, byla stanovena na hodnotu 13424 ks na obrobně + 1983 ks přímo u dodavatele PÚ. Vzhledem k tomu, že se jedná o litinové obrobky, které jsou náchylné ke korozi, a s přihlédnutím na množství v balící jednotce (144 ks/bedna) bylo navrženo shopstock upravit a rozdělit následovně:

- 1296 ks ponechat ve skladu obrobků ihned za obráběním (toto množství pokrývá dobu přeseřizování 300 min, zároveň je upraveno dle balící jednotky)
- 12240 ks + 2016 ks ponechat u dodavatele PÚ, tato dávka bude operativně odebírána a je zde proto menší riziko koroze

3.5.2. Analýza velikosti minimálních zásob v externím (centrálním) skladu

V tomto případě se jedná o situaci velice podobnou té výše uvedené, kdy materiálový tok operativně zajišťuje oddělení plánování výroby a také je ovlivněn přímo dodavatelem, který posílá hotové díly s povrchovou úpravou do externího skladu.

Pro výpočet minimálních zásob v CS byl postup naprosto totožný jako v předchozím případě. Opět se vycházelo z množstevního požadavku montážní linky. Jedinou odlišností byla četnost jízd, kde bylo nutné zohlednit nejenom jízdu od dodavatele PÚ do CS, ale také připočítat dobu procesu PÚ a četnost jízd mezi obrobnou a dodavatelem PÚ. Vypočtené hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 11.

Důvodem zohlednění těchto dvou časových údajů ve výpočtu je fakt, že pokud by z nějakého důvodu nastal problém, buď při navážení k dodavateli PÚ nebo přímo v jeho procesu, tato zásoba bude schopna tyto časové výkyvy pokrýt – stále bude k dispozici dostatečné množství dílů při odběru montážní linky.

Celkový součet četnosti jízd činí 12 hodin a proces PÚ 1 hodinu. Výpočet je uveden dle vzorce (13).

$$Shopstock_{CS} = doba\ celkem \cdot odber_{KS/HOD} \cdot koeficient = 13 \cdot 275 \cdot 20\% = 4297ks \quad (13)$$

Tabulka 11: Množství dílů pro pokrytí četnosti jízd mezi: DPÚ - CS

četnost jízd TRW - DPÚ (hod)	6
proces PÚ (hod)	1
četnost jízd DPÚ- CS (hod)	6
bezpečnostní koeficient	20%

Zákazník	Projekt	ks/rok	ks/týden	ks/den	odběr montáže (ks/hod)		min. zásoba (ks)	
					100%	77,6%	bez koef.	s koef.
Opel	Corsa	119 520	4 980	4 980	208	267	3 476	4 171
Renault	B-car	561 600	11 700	3 900	163	209	2 722	3 267
Ford	B2E	1 231 200	25 650	5 130	214	275	3 581	4 297

legenda:

DPÚ - Dodavatel povrchové úpravy
 CS - Centrální sklad
 PÚ - Povrchová úprava

K tomuto bodu by se ještě patřilo uvést, jak byla stanovena velikost shopstocku na montážní lince, který je také nutné udržovat z důvodu konstantního toku materiálu. Shopstock by měl opět pokrýt četnost návozu dílů s povrchovou úpravou mezi CS a montážní linkou. Četnost je stanovena na každé 4 hodiny. Princip výpočtu dle vzorce (14) je opět naprosto totožný s předchozími a získané hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 12.

Tabulka 12: Množství dílů pro pokrytí četnosti jízd mezi: CS – montážní linkou

četnost jízd TRW - DPÚ (hod)	4
bezpečnostní koeficient	20%

Zákazník	Projekt	ks/rok	ks/týden	ks/den	odběr montáže (ks/hod)		min. zásoba (ks)	
					100%	77,6%	bez koef.	s koef.
Opel	Corsa	119 520	4 980	4 980	208	267	1 070	1 284
Renault	B-car	561 600	11 700	3 900	163	209	838	1 005
Ford	B2E	1 231 200	25 650	5 130	214	275	1 102	1 322

legenda:

DPÚ - Dodavatel povrchové úpravy
 CS - Centrální sklad
 PÚ - Povrchová úprava

$$Shopstock_{MONTÁŽ} = \text{četnost jízdy} \cdot \text{odber}_{KS / HOD} \cdot \text{koeficient} = 4 \cdot 275 \cdot 20\% = 1322ks \quad (14)$$

Ještě zbývá stanovit množství dílů, které bude pokrývat čas přeseřízení na montážní lince z jednoho typu výrobku na druhý. Doba potřebná pro přeseřízení z jednoho typu výrobku je 40 minut a 5 min pro přeseřízení z levé/pravé brzdy. K výpočtu byly použity stejné kroky, jako při výpočtu na obrobě, pouze byl do vzorce přidán 20% koeficient, viz vzorec (15). V tomto případě koeficient nahrazuje VD pro 5 minutové přeseřízení z levého typu brzdy na pravý (viz Tabulka 1). Získané hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 13.

Tabulka 13: Množství dílů v shopstocku před montážní linkou

Runner	Zákazník	Projekt	VD		C/O (ks)		Min. skladové zásoby (ks)
			min	ks	min	ks	
3	Opel	Corsa	120	277	40	123	480
7	Renault	B-Car	280	646	40	123	923
10	Ford	B2E	400	923	40	123	1 255

$$Shopstock_{MONTÁŽ} = C / O_{KS} + VD_{KS} + koeficient = 123 + 923 + 20\% = 1255ks \quad (15)$$

Shrnutí:

Velikost shopstocku před montážní linkou by měla činit 6874 ks. S přihlédnutím k velikosti balící jednotky (144 ks/bedna) byla velikost shopstocku navýšena obdobně, jako tomu bylo u obrobny. Dále z důvodu prostorového omezení v prostorech montážní linky bylo navrženo tuto zásobu rozdělit následovně:

- 4320 ks ponechat v CS z důvodu pokrytí četnosti navážení mezi dodavatelem PÚ a CS
- 1440 ks pro pokrytí četnosti navážení mezi CS a montážní linkou + 1296 ks ponechat před montážní linkou a to z důvodu rychlého doplnění množství po nutném přeseřízení

3.5.3. Změnu informačního toku mezi obrobnou a plánováním výroby, za pomoci instalace BBB a Launcheru mezi obrobnou a montáží

Navrhovanou změnou současného způsobu řízení obrobny je připravit podklady pro zavedení kanbanového okruhu mezi montážní linkou a obrobnou tak, aby zde bylo možné nainstalovat BBB a Launcher. Tento kanbanový okruh bude protékat skrz dodavatele PÚ a také CS. Z CS na montážní linku tedy půjdou dvě karty (v mapě budoucího stavu jsou zakresleny žlutou a modrou barvou).

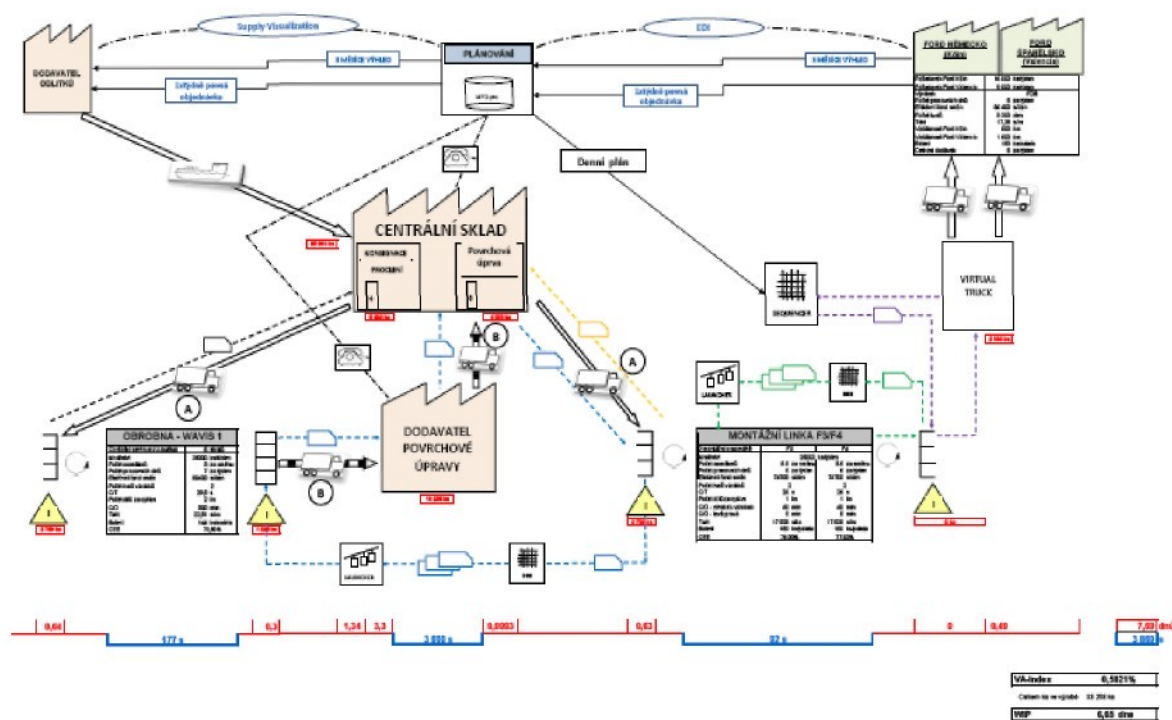
Na základě výše uvedených výpočtů velikosti skladových zásob a zohlednění balících jednotek se stanovilo množství kanbanových karet, viz Tabulka 14. V okruhu je celkem 157 kanban karet. Jedné kartě odpovídá množství 144 ks, tedy balící jednotce – je zachována stávající balící jednotka.

Tabulka 14: Počet karet

umístění	množství (ks)	bal. jednotka (ks/bedna)	počet karet (ks)
shopstock obrobna	1 296	144	9
shopstock DPÚ	14 256	144	99
shopstock CS	4 320	144	30
shopstock montáž	2 736	144	19

3.6. Implementace nápravných opatření, vytvoření nového návrhu řešení

Za pomoci provedených analýz bylo možné vypracovat mapu budoucího stavu (Obrázek 32) a doplnit do ní navrhované změny, tzn. vypočtené skladové zásoby, změnu informačního toku mezi plánováním a obrobnou. Dále také instalovaný BBB a Launcher, jehož součástí je návrh na kanbanový okruh mezi obrobnou, dodavatelem PÚ, CS a montážní linkou.



Obrázek 32: Mapa budoucího stavu

Z výše uvedené mapy budoucího stavu jsou patrné následující hodnoty:

- VA-Index = 0,5821%
- WIP = 6,7 dnů
- Celkem ks ve výrobě = 33258 ks
- Průběžná doba výroby = 7,69 dnů

3.7. Vytvoření akčního plánu

Mapa budoucího stavu je dobrým podkladem pro vytvoření akčního plánu, ve kterém budou zohledněny body vedoucí k úspěšné implementaci výše navrhovaných změn do procesu. Implementace navrhovaných změn bude možná pouze tehdy, pokud to bude podpořeno managementem firmy Lucas Varity s.r.o.

#	Název	Popis	Plnění				Kdo	Termín
			25%	50%	75%	100%		
1.	Prezentace návrhu	Prezentace návrhu optimalizace výroby brzd na montážní lince F3/F4 managementu firmy					D. Hušek + Lean	KT51/09
2.	DPÚ	Informovat dodavatele PÚ o plánovaném zavedení nového způsobu řízení toku mat. pomocí Kanban karet					Logistika	KT01/10
3.	CS	Informovat Centrální sklad o plánovaném zavedení nového způsobu řízení toku mat. pomocí Kanban karet					Logistika	KT01/10
4.	Shopstock obrobna	Vytvoření shopstocku na obrobně namísto původního skladu obrobků					Logistika + Výroba	KT02/10
5.	Kanban karty	Zajištění požadovaného množství kanban karet					Logistika + Výroba+Lean	KT02/10
6.	Skladová zásoba	Vytvoření skladových zásob dle návrhu (Obrobna, DPÚ, CS, montáž)					Logistika + Výroba	KT03/10
7.	BBB + Launcher	Instalace zařízení přímo do výroby					Lean + Výroba	KT02/10
8.	Školení	Proškolení pracovníků ve výrobě o navrhované změně					Lean + Výroba	KT02/10

Datum zápisu:	18.12.2009
Zpracoval:	Hušek David
Termín další schůzky:	KT02/10

Obrázek 33: Akční plán - optimalizace výroby brzd na montážní lince F3/F4

4 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo zoptimalizovat výrobu brzd na montážní lince F3/F4. Pro splnění tohoto úkolu byla vybrána metoda VSM, která jednoduchým způsobem odhalila místa, kde dochází k nadměrnému plýtvání. V daném případě se jednalo o velké skladové zásoby u dodavatele PÚ a v Centrálním skladu.

Pomocí této metody byly vytvořeny dvě základní mapy – mapa stávajícího stavu a mapa budoucího stavu. Na základě těchto map bylo provedeno zhodnocení stavu „před a po“. Toto zhodnocení je patrné z níže uvedené tabulky.

#	Popis	Stav		Vyjádření v %
		Před	Po	
1.	VA-Index	0,4466%	0,5821%	23%
2.	WIP	8,67 dnů	6,7 dnů	23%
3.	Množství ks ve výrobě	43 350 ks	33 258 ks	23%
4.	Průběžná doba výroby	10,03 dnů	7,69 dnů	23%

Získané výsledky týkající se optimalizace skladových zásob, byly pro firmu podmínkem pro zlepšení a firma je také plánuje realizovat.

Navazujícím krokem, který se týká dané práce, byla změna informačního toku mezi obrobnou a montáží pomocí kanbanu. Tento návrh byl, stejně jako výše uvedené dosažené výsledky, prezentován managementu firmy Lucas Varity s.r.o. Jelikož na toto téma – optimalizace výroby brzd, je ve firmě kladen velký důraz, firma měla k dispozici i další zpracované návrhy. Tyto návrhy v sobě zahrnovaly odlišnou formu kanbanu (jednou z hlavních odlišností je míněn elektronický způsob přenosu dat, namísto papírových karet a dále zcela jiné typy palet), který je aplikován v sesterských závodech ve Francii a v Německu. Z této formy kanbanu jsou již známy výstupy v podobě kladných čísel. Proto bylo rozhodnuto managementem firmy aplikovat tyto již známé a prověřené metody.

Instalace BBB a Launcheru bude také uskutečněna, ale podmínky pro implementaci budou podřízeny již zmiňovanému převzatému typu kanbanu od sesterského závodu ve Francii a v Německu.

5 Seznam

5.1. Seznam obrázků

Obrázek 1: Výrobní závody firmy TRW po celém světě [7]	12
Obrázek 2: Fotografie budovy firmy TRW (Lucas Varity s.r.o.) [7]	13
Obrázek 3: Přehled výrobků firmy Lucas Varity s.r.o. [7].....	13
Obrázek 4: Přehled zákazníků firmy Lucas Varity s.r.o. [7].....	14
Obrázek 5: Pareto diagram	16
Obrázek 6: Popis pěti základních fází DMAIC – Six Sigma	17
Obrázek 7: Postup při mapování hodnotového toku	19
Obrázek 8: Ukázka vytvořené mapy hodnotového toku [6].....	21
Obrázek 9: Používané značky pro kreslení mapy hodnotového toku [6].....	21
Obrázek 10: Příklady plýtvání ve výrobním procesu [7]	22
Obrázek 11: Taktování výrobních operací – stav před (vlevo), stav po (vpravo) [7]	24
Obrázek 12: Vizualně řízené pracoviště [8]	25
Obrázek 13: Vizualní tabule nemontážní lince ve firmě Lucas Varity s.r.o. [7].....	26
Obrázek 14: Princip systému Kanban	28
Obrázek 15: Kanbanové karty	29
Obrázek 16: Časový plán pro řešení projektu	31
Obrázek 17: Aplikace koncového výrobku – brzdy projektu Ford B2E [7]	31
Obrázek 18: Koncový výrobek – sestava brzdy [7]	32
Obrázek 19: Process flow diagram výroby brzdy Ford	34
Obrázek 20: Layout výrobní haly	36
Obrázek 21: Skica (pracovní verze) mapy současného stavu.....	41
Obrázek 22: Mapa současného stavu zpracovaná v pc.....	41
Obrázek 23: Sequencer	42

Obrázek 24: Batch Building Box	43
Obrázek 25: Launcher	44
Obrázek 26: Virtual truck	45
Obrázek 27: Stojan „totem“ a expediční list	45
Obrázek 28: Vyplněný List průkaznosti	50
Obrázek 29: Ruční zpracování Spaghetti diagramu	51
Obrázek 30: Zpracování Spaghetti diagramu v pc	52
Obrázek 31: Mapa současného stavu s vyznačenými místy pro rychlé změny	54
Obrázek 32: Mapa budoucího stavu	62
Obrázek 33: Akční plán - optimalizace výroby brzd na montážní lince F3/F4.....	63

5.2. Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled informací o montážní lince.....	38
Tabulka 2: Přehled informací o obrobě	39
Tabulka 3: Výstupní data o časovém využití – Obrobna (Wavis1).....	48
Tabulka 4: Výstupní data o časovém využití – Montáž F3	48
Tabulka 5: Výstupní data o časovém využití – Montáž F4	48
Tabulka 6: Přehled cest a vzdáleností.....	52
Tabulka 7: Expediční plán.....	55
Tabulka 8: Definice násobku.....	56
Tabulka 9: Množství dílů v shopstocku za obrobou.....	56
Tabulka 10: Množství dílů pro pokrytí četnosti jízd mezi: obrobna - DPÚ	57
Tabulka 11: Množství dílů pro pokrytí četnosti jízd mezi: DPÚ - CS	59
Tabulka 12: Množství dílů pro pokrytí četnosti jízd mezi: CS – montážní linkou	59
Tabulka 13: Množství dílů v shopstocku před montážní linkou	60
Tabulka 14: Počet karet	61

5.3. Seznam grafů

Graf 1: ABC analýza – Zákazník (projekt)	32
Graf 2: Paretova analýza – komponent.....	33
Graf 3: Výstupní data o časovém využití - Obrobna (Wavis1)	49
Graf 4: Výstupní data o časovém využití – Montáž F3	49
Graf 5: Výstupní data o časovém využití – Montáž F4	49

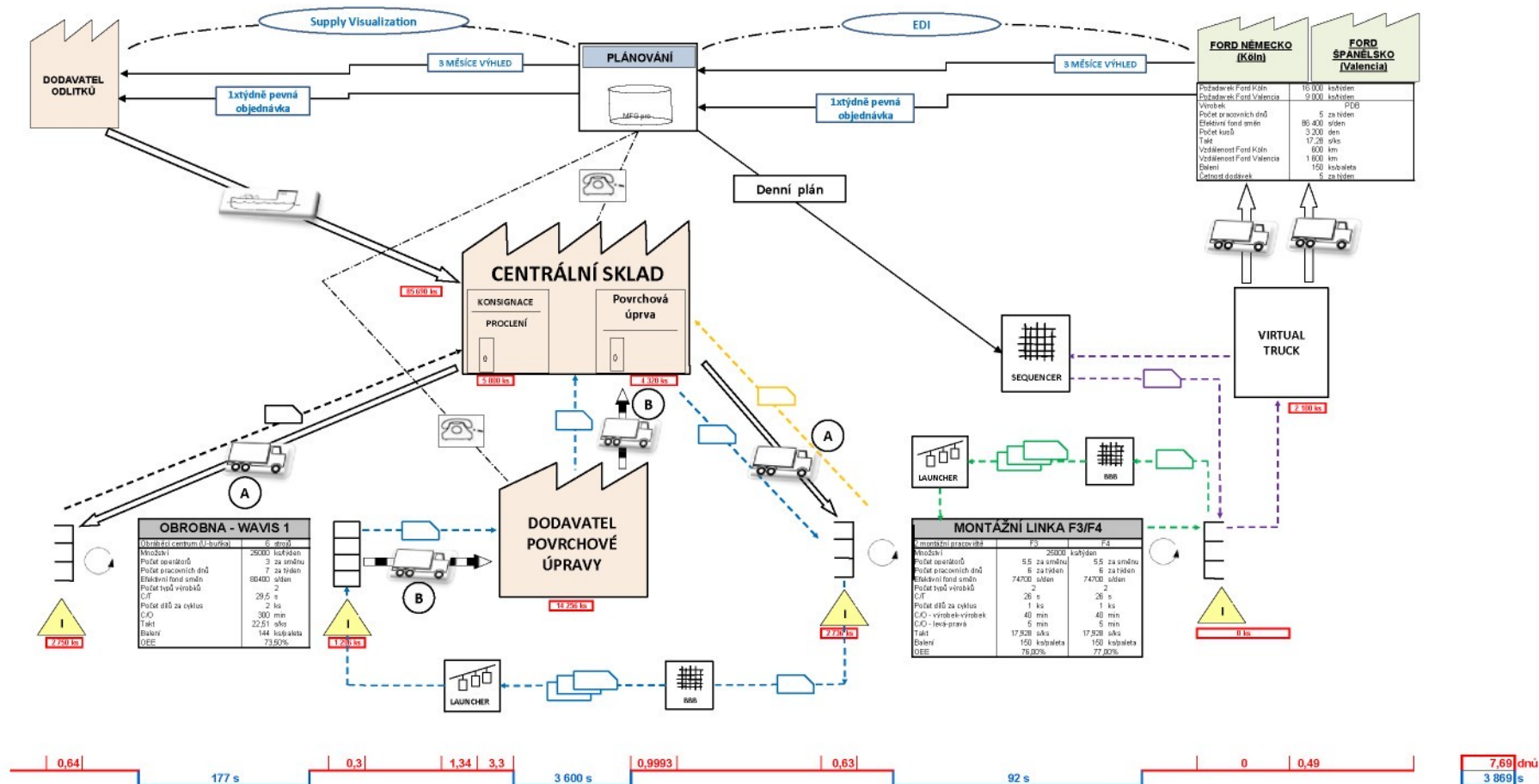
5.4. Literatura

- [1] MILAN VYTLAČIL, IVAN MAŠÍN – *Dynamické zlepšování procesů*. Institut průmyslového inženýrství, Liberec 1999. ISBN 80-902235-3-2.
- [2] IVAN MAŠÍN – *Mapování hodnotového toku ve výrobních procesech*. Institut průmyslového inženýrství, Liberec 2003. ISBN 80-902235-9-1.
- [3] WIKIPEDIA, *Štíhlá výroba*. Otevřená encyklopedie. Dostupné na WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%A0t%C3%ADhl%C3%A1_v%C3%BDroba.
- [4] JÁN KOŠTURIK, MILAN GREGOR a kolektiv – *Jak zvyšovat produktivitu firmy*. inFORM vydavatelství, s.r.o., Žilina 2002. ISBN 80-968583-1-9.
- [5] MILAN VYTLAČIL, IVAN MAŠÍN – *Nové cesty k vyšší produktivitě*. Institut průmyslového inženýrství, Liberec 2000. ISBN 80-902235-6-7.
- [6] DAN JONES, JIM WOMACK – *Seeing the whole mapping the extended value stream*. The Lean Enterprise Institute, Cambridge, MA, USA, 2003. ISBN 0-9667843-5-9
- [7] Interní materiály firmy Lucas Varity s.r.o.
- [8] MILAN VYTLAČIL, IVAN MAŠÍN – *Týmová společnost: podnik v globálním prostředí*. Institut průmyslového inženýrství, Liberec 1998. ISBN 80-902235-2-4.
- [9] JEFFREY K. LIKER – *Tak to dělá Toyota 14 zásad řízení největšího světového výrobce*. Management Press, Praha 2007. ISBN 978-80-7261-173-7.
- [10] ART SMALLEY – *Creating level pull*. The Lean Enterprise Institute, Cambridge, MA, USA, 2004. ISBN 0-9743225-0-4.
- [11] MIKE ROTHER and JOHN SHOOK – *Value Stream Mapping Workshop*. The Lean Enterprise Institute, Cambridge, MA, USA, 2002. ISBN 0-9667843-2-4.

6 Přílohy

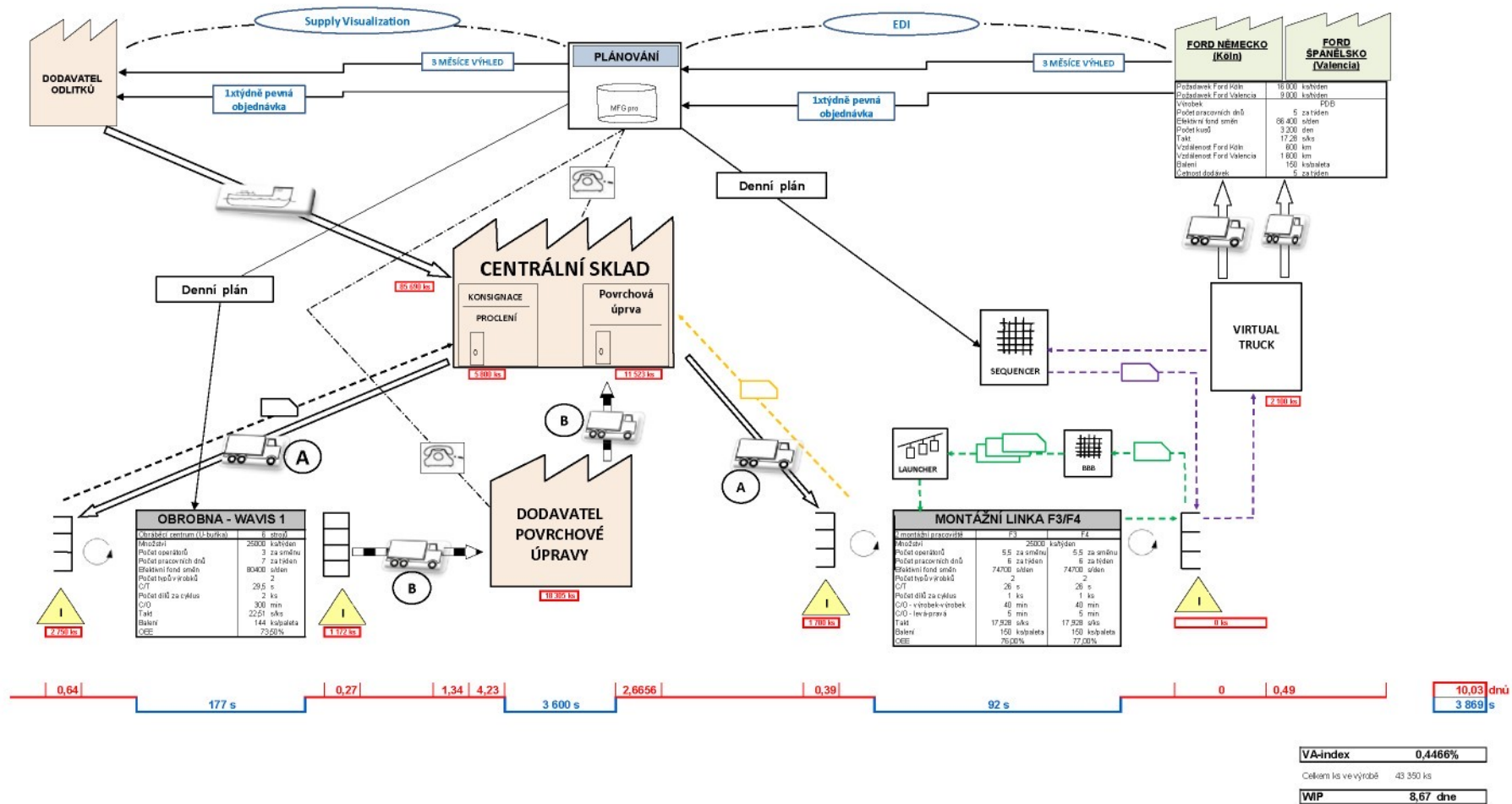
6.1. Mapa stávajícího stavu

6.2. Mapa budoucího stavu



VA-index	0,5821%
Celkem ks ve výrobě	33 258 ks
WIP	6,65 dne

6.2. Mapa budoucího stavu



6.1. Mapa současného stavu