



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC
TECHNOLOGY

APLIKACE LEAN SIX SIGMA V RACIONALIZACI TECHNOLOGICKÉ LINKY

SIX SIGMA APPLICATION FOR PRODUCTION LINE RATIONALIZATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. JAROSLAV PETRÁŠ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. RADOVAN NOVOTNÝ, Ph.D.

BRNO 2008

LICENČNÍ SMLOUVA

POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Bc. Jaroslav Petráš
Bytem: Zahradní 19, 78701, Šumperk
Narozen/a (datum a místo): 22.7.1982, Šumperk

(dále jen "autor")

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
se sídlem Údolní 244/53, 60200 Brno 2
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:
doc. Ing. Marie Sedlaříková, CSc.

(dále jen "nabyvatel")

Článek 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- disertační práce
- diplomová práce
- bakalářská práce

jiná práce, jejíž druh je specifikován jako

(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Aplikace lean six sigma v racionalizaci technologické linky

Vedoucí/školitel VŠKP: Ing. Radovan Novotný, Ph.D.

Ústav: Ústav elektrotechnologie

Datum obhajoby VŠKP:

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v:

- tištěné formě - počet exemplářů 1
- elektronické formě - počet exemplářů 1

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2
Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ihned po uzavření této smlouvy
 - 1 rok po uzavření této smlouvy
 - 3 roky po uzavření této smlouvy
 - 5 let po uzavření této smlouvy
 - 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3
Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:

.....

Nabyvatel

.....

Autor

ABSTRAKT:

Předkládaná práce se zabývá metodami konceptu lean six sigma, které se vztahují k problematice zefektivňování průmyslových procesů. Část práce je věnována postupu řešení optimalizace pomocí modelu DMAIC a propojení se six sigma a TOC. Hlavní pozornost je zaměřena na použití modelu DMAIC při vyhodnocování na data z technologické linky Cobalt firmy Motorola.

ABSTRACT:

This work deals with methods of lean six sigma methodology which are relate to industrial processes optimalization problems. Part of this work is devoted to progress optimalization solving by the help of DMAIC model and conection with six sigma and TOC. Main attention is set on using DMAIC model on data from technological line - Cobalt by Motorola.

Klíčová slova:

six sigma, DMAIC, TOC, analýza

Keywords:

six sigma, DMAIC, TOC, analysis

Bibliografická citace díla:

PETRÁŠ, J. *Aplikace lean six sigma v racionalizaci technologické linky*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 41 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Radovan Novotný, Ph.D.

Prohlášení autora o původnosti díla:

Prohlašuji, že jsem tuto vysokoškolskou kvalifikační práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce, s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne:

.....

Poděkování:

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Radovanu Novotnému, Ph.D. za metodické a cíleně orientované vedení při plnění úkolů realizovaných v návaznosti na diplomovou práci. Dále děkuji společnosti Motorola pobočce mezinárodního servisního centra divize Enterprise Mobility Business se sídlem v Brně, konkrétně LP a LS za poskytnutí prostoru k realizaci praktické části diplomové práce a odborné rady.

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Autor: Bc. Jaroslav Petráš

Název závěrečné práce: Aplikace lean six sigma v racionalizaci technologické linky

Název závěrečné práce ENG: Six Sigma Application for Production Line Rationalization

Anotace závěrečné práce: Předkládaná práce se zabývá metodami konceptu lean six sigma, které se vztahují k problematice zefektivňování průmyslových procesů. Část práce je věnována postupu řešení optimalizace pomocí modelu DMAIC a propojení se six sigma a TOC. Hlavní pozornost je zaměřena na použití modelu DMAIC při vyhodnocování na data z technologické linky Cobalt firmy Motorola.

Anotace závěrečné práce ENG: This work deals with methods of lean six sigma methodology which are relate to industrial processes optimalization problems. Part of this work is devoted to progress optimalization solving by the help of DMAIC model and conection with six sigma and TOC. Main attention is set on using DMAIC model on data from technological line - Cobalt by Motorola.

Klíčová slova: six sigma, DMAIC, TOC, analýza

Klíčová slova ENG: six sigma, DMAIC, TOC, analysis

Typ závěrečné práce: diplomová práce

Datový formát elektronické verze: pdf

Jazyk závěrečné práce: čeština

Přidělovaný titul: Ing.

Vedoucí závěrečné práce: Ing. Radovan Novotný, Ph.D.

Škola: Vysoké učení technické v Brně

Fakulta: Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav / ateliér: Ústav elektrotechnologie

Studijní program: Elektrotechnika, elektronika, komunikační a řídicí technika

Studijní obor: Elektrotechnická výroba a management

OBSAH

1	ÚVOD	- 8 -
2	TEORETICKÉ PODKLADY	- 9 -
2.1	LEAN SIX SIGMA	- 9 -
2.2	TOC	- 10 -
2.3	DMAIC A DMADV	- 11 -
2.3.1	<i>DMAIC</i>	- 12 -
2.3.2	<i>Ilustrující příklad DMAIC</i>	- 14 -
2.3.3	<i>DMADV</i>	- 17 -
2.4	NORMOVÁNÍ ČASU	- 19 -
2.4.1	<i>Metody stanovení norem času</i>	- 19 -
2.4.2	<i>Vyhodnocení časové studie</i>	- 20 -
2.5	GLOSÁŘ SOUVEJÍCÍCH POJMŮ	- 22 -
3	PRAKTICKÉ VYUŽITÍ DMAIC	- 25 -
3.1	DEFINOVÁNÍ	- 27 -
3.2	MĚŘENÍ	- 29 -
3.2.1	<i>Postup měření</i>	- 29 -
3.3	ANALYZOVÁNÍ	- 30 -
3.3.1	<i>Statistické zpracování</i>	- 30 -
3.3.2	<i>Podíl typů přístroje</i>	- 32 -
3.3.3	<i>Přirážky k průměrným časům</i>	- 33 -
3.4	VYLEPŠENÍ	- 34 -
3.5	DEFINOVÁNÍ – DRUHÝ KROK	- 34 -
3.6	MĚŘENÍ – DRUHÝ KROK	- 35 -
3.7	ANALÝZA – DRUHÝ KROK	- 35 -
3.7.1	<i>Přirážky k průměrným časům</i>	- 37 -
3.8	ŘÍZENÍ	- 37 -
4	ZÁVĚR	- 39 -
5	POUŽITÁ LITERATURA	- 41 -

1 Úvod

Informačním podkladem pro tuto diplomovou práci, která se zabývá optimalizací technologické linky za využití nástrojů lean six sigma, bylo vypracování semestrálního projektu 1. Zde jsem na základě zpracování rešeršních informací získal přehled o modelech DMAIC a DMADV, které jsou popsány v kapitole 2.3. Součástí teoretických podkladů jsou také kapitoly 2.1 a 2.2, které stručně shrnují základní informace o lean six sigma a TOC. Abych mohl prakticky ověřit a vyzkoušet tuto problematiku, kontaktoval jsem vedení firmy Motorola a domluvil se na spolupráci při aplikaci DMAIC ve výrobě. Po domluvě jsme se dohodli na tom, že se zapojím do probíhajícího měření ve výrobě a získaná data použiji pro svou práci. K tomu jsem tedy potřeboval navíc zpracovat podklady k normování časů. Postupy normování času jsem nastínil v kapitole 2.4. Pro lepší přehled o vybraných pojmech vztahujících se k six sigma, jsem zpracoval kapitolu 2.5 s názvem glosář souvisejících pojmů. Ten je zaměřen hlavně na nástroje používané v modelu DMAIC.

Z aktuálních potřeb firmy Motorola vyplynula potřeba podrobnější analýzy linky Cobalt. Nutnost optimalizovat a tedy snižovat nebo zvyšovat kapacitu každé linky je dána očekávaným poklesem nebo nárůstem požadavků zákazníků v budoucnosti. Tento požadavek optimalizace kapacity tedy považuji za první fázi DMAIC. Po konzultaci s manažery jakosti této firmy jsem se rozhodl pro analýzu postupovat směrem k normování času a podle výsledků případně upravit postup. Je nutné brát v potaz, že pilíři této práce jsou vlastní měření, která trvala dohromady jeden pracovní týden a dále analýza změřených dat.

Celý postup praktické práce, který je totožný s jednotlivými kroky podle modelu DMAIC je obsahem kapitoly 3. Nejprve jsem v rámci semestrálního projektu 2 zpracoval první tři části modelu DMAIC – definování, měření a analýzu. Tyto tři části jsou v kapitolách 3.1, 3.2 a 3.3. Na základě potřeb firmy a částečně na základě výsledků analýzy se firma rozhodla změnit pro dané výrobky linkovou opravu na individuální. Tímto krokem bylo nutné přizpůsobit i mou diplomovou práci. Změnu linky na individuální opravu lze chápat jako návrh zlepšení, tedy výsledek analýzy. Díky cyklické povaze modelu lze libovolně opakovat některé fáze, proto jsem se v dalším kroku opět vrátil k fázi definování (nový layout) a dále měření, které jsem provedl na začátku roku 2008, viz kapitola 3.5 a k doplňující analýze v kapitole 3.6.

Výstupem praktické části jsou potom návrhy norem času, pro jednotlivé typy přístrojů pro linkovou opravu i individuální opravu. Dále pak srovnání linkové a individuální opravy z hlediska norem času.

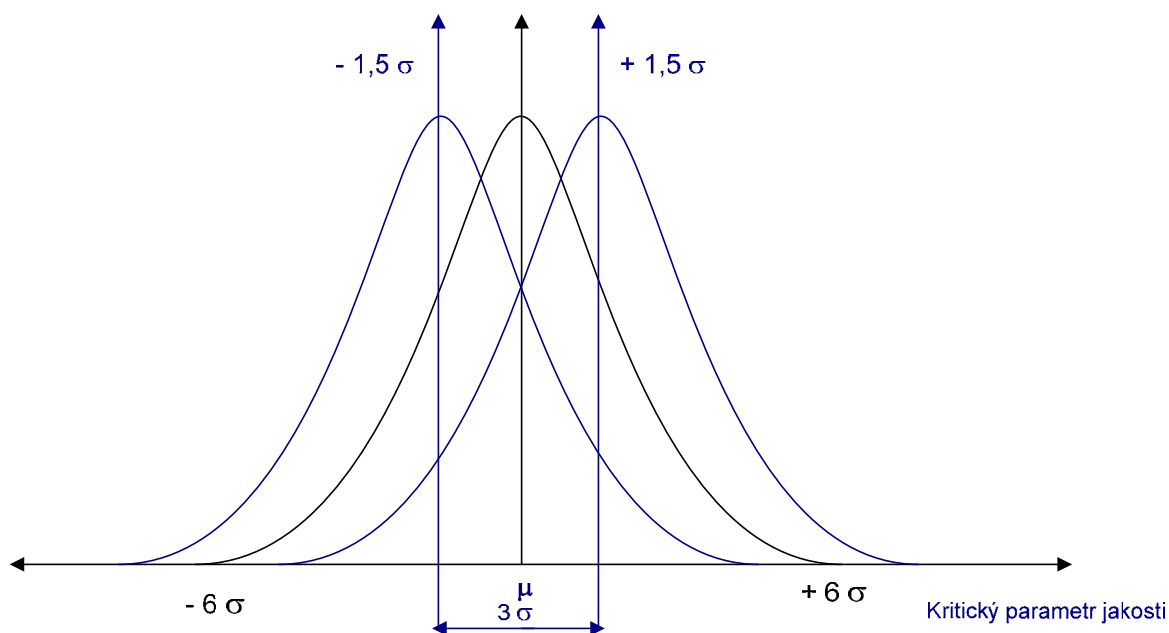
2 Teoretické podklady

2.1 Lean six sigma

Je metodologie, která kombinuje nástroje jak lean manufacturing, tak six sigma. Lean manufacturing se zaměřuje na rychlost a tradiční six sigma je zaměřena na jakost. Výsledkem kombinace obou by pak měla být rychleji dosažena vyšší jakost. Těchto cílů se dosahuje tím, že zdokonalujeme procesy v rámci firmy za použití především tvůrčího myšlení zaměstnanců a nástrojů six sigma. Lean = štíhlý a six sigma = 6 směrodatných odchylek. Lze také říci, že six sigma je metodologie řízení procesních odchylek, které způsobují neshody, definovaných jako nepřijatelná odchylka ze střední nebo cílové hodnoty; a systematicky směřovat úsilí k řízení odchylek kvůli vyloučení těchto neshod. Cílem six sigma je přinést velkou výkonnost, spolehlivost, a hodnoty pro koncového zákazníka. Six sigma byla vymyšlena Billem Smithem v Motorole v roce 1986 a byla původně definována jako sada nástrojů pro měření defektů, zlepšování kvality; a metodologie pro redukování defektní úrovně pod 3.4 defekty na milion příležitostí. To odpovídá šesti směrodatným odchylkám σ od střední hodnoty μ viz obr. 2.1 a tab. 2.1 za podmínky, že jde o dlouhodobé období, kde se může střední hodnota vychýlit o $1,5\sigma$. [14]

Tab. 2.1: variabilita hodnot odpovídající stupni sigma

Sigma	% shodných výrobků	ppm
2	69.15	308 537
3	93.32	66 807
4	99.379	6 210
5	99.9676	233
6	99.99966	3.4



Obr. 2.1: Podstata six sigma [14]

2.2 TOC

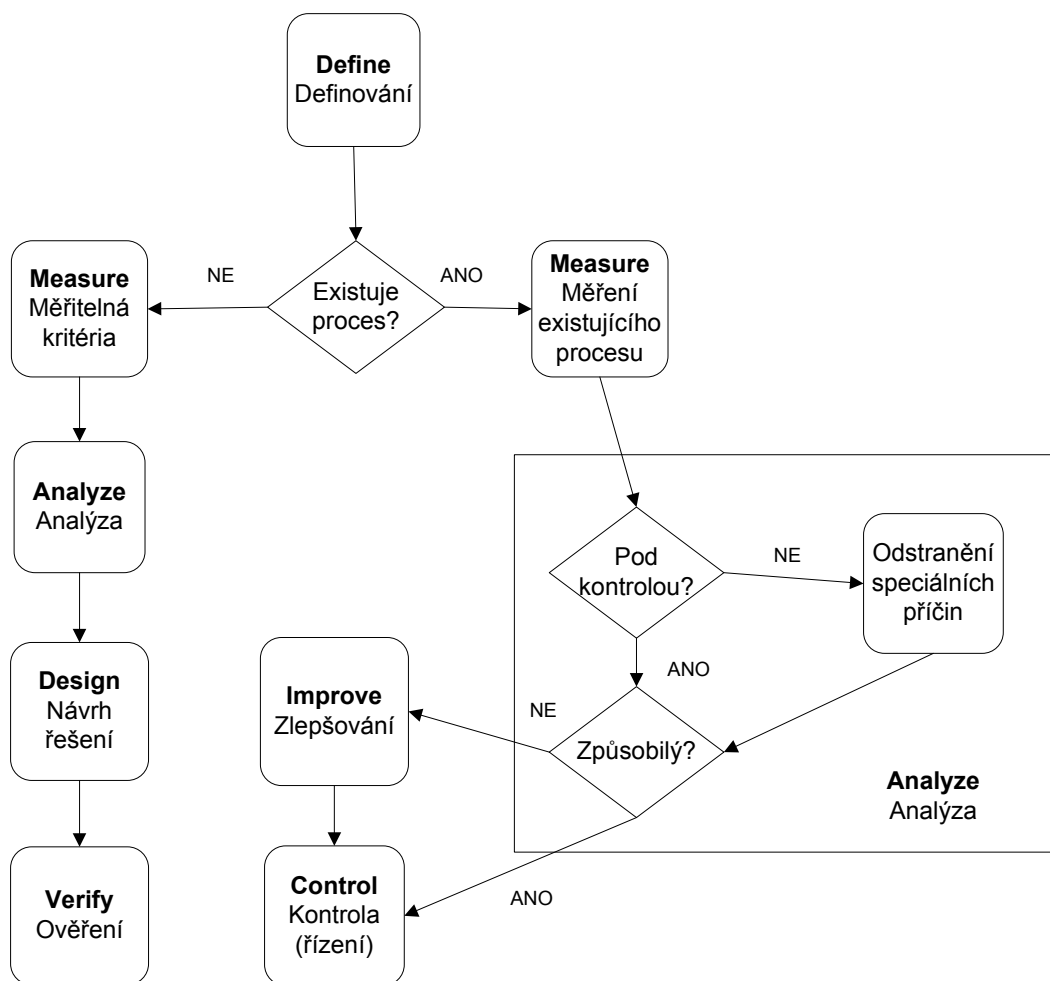
TOC (Theory of Constraints) = Teorie omezení, je manažerská filozofie vyvinutá Dr. Eliyahu Moshe Goldrattem. Podle Goldratta síla každého řetězu, procesu, nebo systému je závislá na jeho nejslabší spojení (článku). TOC je systematický a snaží se identifikovat omezení pro zajištění úspěchu systému a provést změny nezbytné k odstranění. Pro dosažení cílů se zaměřuje na jediný podstatný ukazatel a tím je průtok (anglicky Throw put) a ostatní ukazatele považuje za nepodstatné. Průtokem je myšlen výnos z prodeje výrobku/služby zmenšený o množství prostředků investovaných na počátku firemního řetězu (čistých nákladů). Čisté náklady jsou takové, které jsou nutné k vytvoření výrobku/služby, ale bez nákladů, které by firma měla i v případě, že by se výroba/služba nerealizovala.

„Pro představu můžeme použít analogii řetězu. Řetěz je tak pevný jako jeho nejslabší článek. Zlepšování jiných článků v daném okamžiku nemá praktický význam. Spíše zvyšujeme jeho hmotnost, a o to více namáháme jeho nejslabší článek.“ [18]

Nejvhodnější spojení TOC a Lean six sigma je takové, kde je pomocí TOC nalezeno omezení a poté se využijí nástroje metodologie six sigma pro dosažení zlepšení, na tomto omezení.

2.3 DMAIC a DMADV

Metodologie six sigma zná mnoho různých metod pro zlepšování a v této práci se zaměřím na cyklický modely DMAIC a jeho upravenou podobu DMADV. DMAIC je více zaměřený na detekování a řešení problémů, zatímco DMADV (často také označován DFSS) je spíše proaktivní a to znamená, že předchází problémům. Lze také konstatovat, že DMAIC je zaměřen především na výrobní procesy zatímco DMADV na marketing a design. Stručný náhled na rozdílnost těchto modelů je na obrázku 2.2, který byl vytvořen překladem z [15].



Obr. 2.2: Vztahy mezi DMAIC a DMADV

2.3.1 DMAIC

Model DMAIC by měl být použit, když produkt, služba nebo proces je v rámci podniku (firmy) již zaveden, ale nesplňuje požadavky na něj kladené (požadavky zákazníka, správná funkce procesu atd.). V podstatě jde o cyklický model, kde máme možnost v případě nedostatečných výsledků celou posloupnost DMAIC opakovat nebo využít možnosti opakovat jen některou fázi například můžeme zjistit, že pro analyzování dat (fázi analýzy) jsme neshromáždili dostatečná data pro izolování příčiny problému. V tomto bodě, můžeme opakovat měřicí fázi pro získání těchto potřebných dat a následně přistoupit k analýze.

Definování - Definovat cíl projektu, jeho rozsah a vymezení jeho rozhodující výstupy, které jsou často zaměřeny na dosažení lepší úrovně variability. Je třeba vymežit, co je nutno zlepšit a jednoznačně identifikovat neshody, vymežit základní podmínky, za kterých má proces probíhat, které znaky jakosti budou sledovány, jak, kdy a kde budou měřeny.

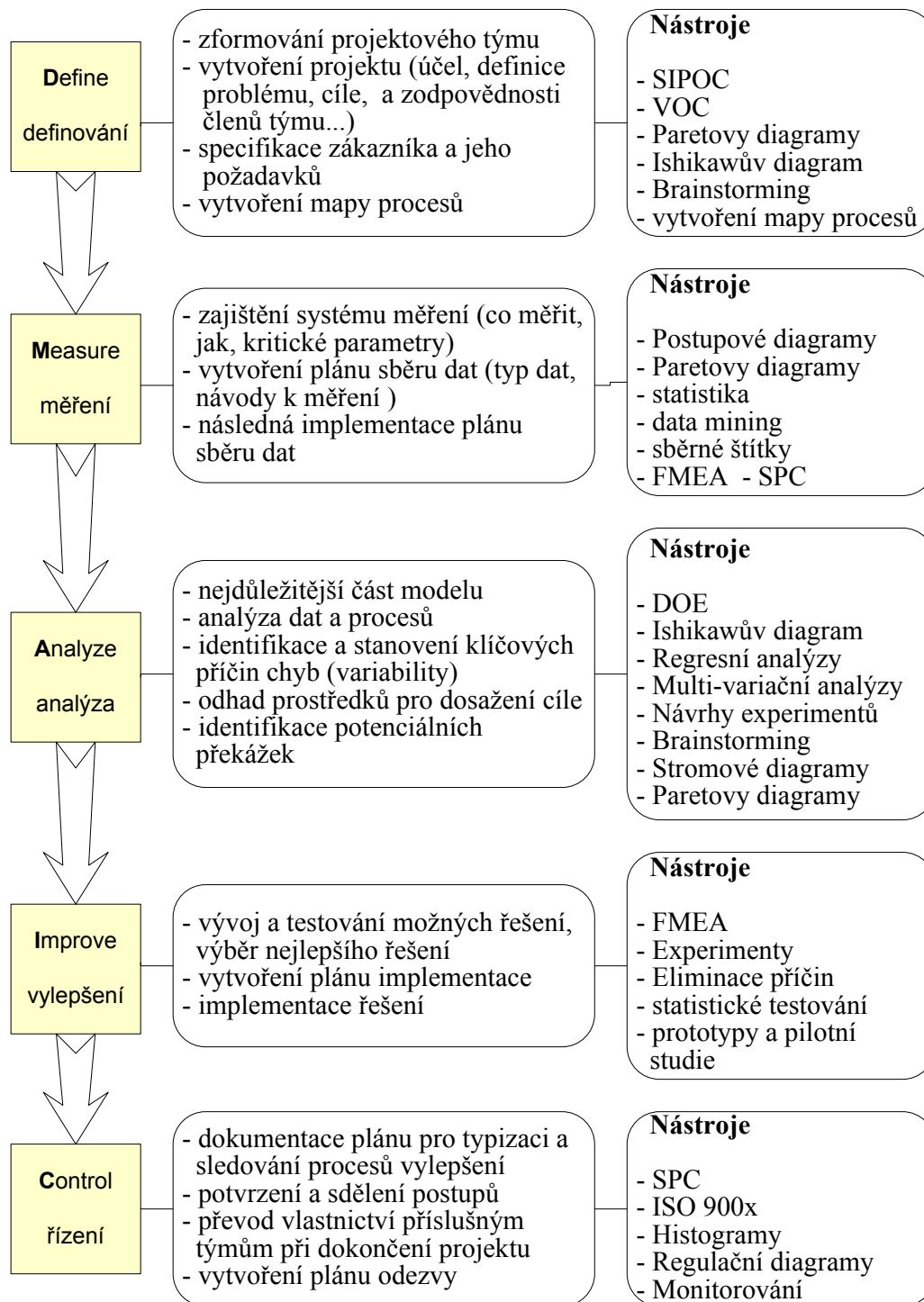
Měření - Získat informace o současném stavu procesu, zmapovat jej tak, aby se obdržely základní údaje o jeho aktuálním výkonu, aby se mohla identifikovat oblast problémů. Zabezpečit vyhovující úroveň sběru dat. Určit, zda je měřicí systém správně nastaven. Vyhodnotit variabilitu procesu a jeho způsobilost.

Analyzování - Identifikovat stěžejní příčiny problémů jakosti a potvrdit jejich přítomnost pomocí vhodných nástrojů pro analýzu údajů, přijmout opatření k jejich odstranění a k zabezpečení, aby se nemohly opakovat. Klíčovým problémem této fáze je správná formulace hypotéz a interpretace dosažených výsledků.

Vylepšení - Navrhnout, vyzkoušet a uplatnit řešení, která se zaměřují na hlavní problémy identifikované během předcházejících fází. Navržená a realizovaná opatření by měla být prověřena, zda se dostavil předpokládaný efekt za provozních podmínek.

Řízení - Zhodnotit výsledky předcházejících fází, navrhnout další kroky plynulého zlepšování jakosti a uplatnit takové metody, které by sledovaly realizovaná opatření a signalizovaly vzniklé změny. Přijatá opatření promítnout do dokumentace.

Pomocí těchto kroků se přistupuje k zlepšování produktů, procesů nebo služeb a v každém kroku se dají využít nástroje podle druhu požadované činnosti. V následujícím obrázku 2.3 jsem shrnul jednotlivé kroky pro každou fázi modelu DMAIC spolu s možnými nástroji, jejichž význam lze pochopit z ukázkového příkladu v kapitole 2.3.2 nebo z glosáře souvisejících pojmů viz kapitola 2.5.



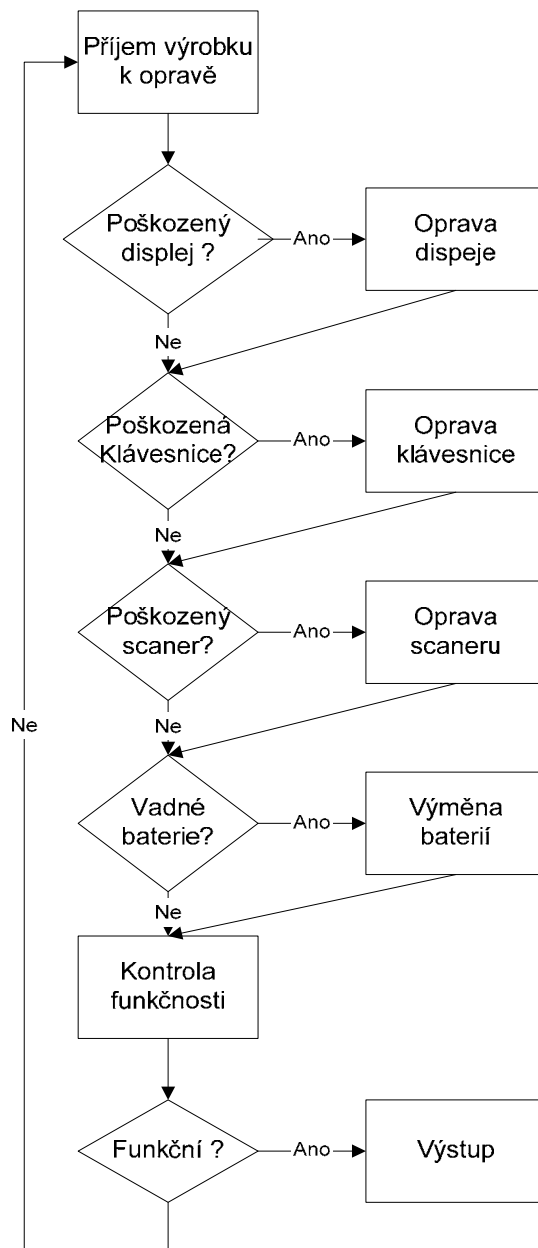
Obr. 2.3: DMAIC postupy a nástroje

2.3.2 Ilustrující příklad DMAIC

Na tomto jednoduchém příkladu naznačíme jak postupovat při užití modelu DMAIC v projektu na optimalizaci procesu opravy například přenosného počítače pro průmysl, kde důležitá bude časová studie průběhu opravy. Příklad je pouze ilustrativní.

Definování

V této fázi například mohu vytvořit postupový diagram existujícího způsobu opravy, viz obr. 2.4.



Obr. 2.4: Postupový diagram opravy

Měření

Ve fázi měření pro tento příklad použijí záznam časů potřebných k jednotlivým úkonům během všech kroků opravy a jejich záznam do tabulky. Pro ukázkou jen pár kroků, viz tab. 2.2.

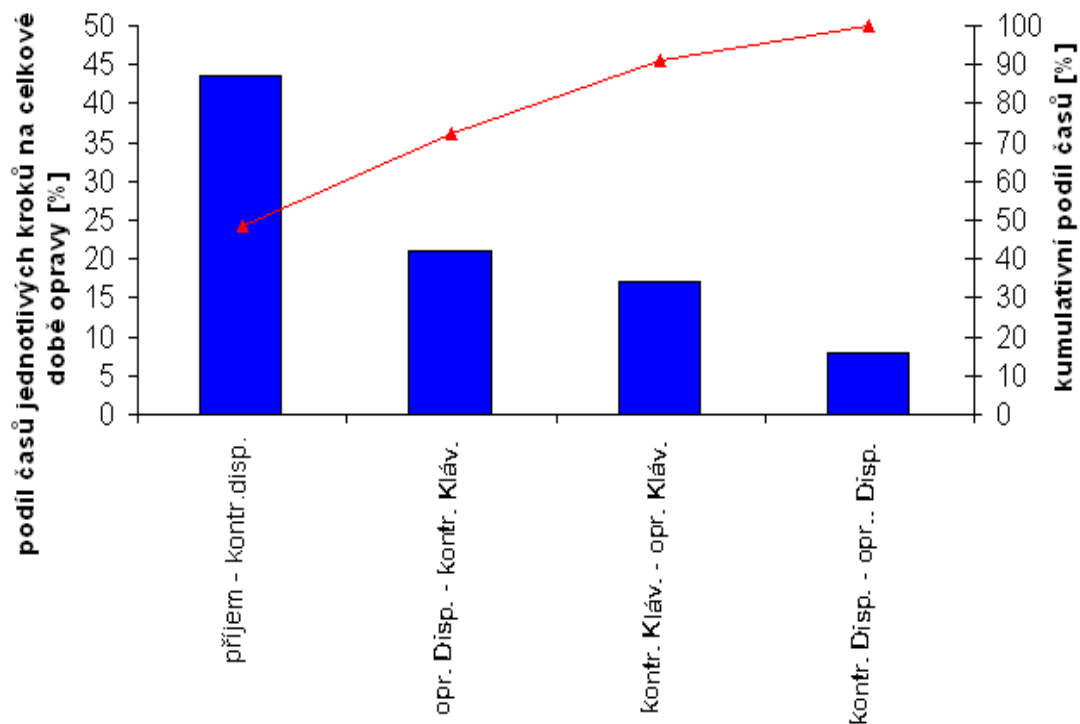
Tab. 2.2: záznam časů jednotlivých kroků opravy

úkony	Časy [s]			
	1.	2.	3.	průměr
Přeprava z příjmu ke kontrole displeje	35	36	60	43,6
Kontrola displeje	12	11	5	9,3
Přeprava z kontroly displeje k opravě displeje	6	10	8	8
Přeprava z opravy displeje ke kontrole klávesnice	20	21	22	21
Oprava displeje	128	450	860	479
Kontrola klávesnice	25	26	32	27,6
Přeprava z kontroly klávesnice k opravě klávesnice	18	17	16	17
Oprava klávesnice	352	753	150	418

Analýza

Po sběru dat lze přistoupit k jejich analýze. Sestrojením Paretova diagramu a následným zhodnocením získáme přehled o podílu časů jednotlivých kroků opravy na celkovém čase opravy výrobku. Na základě těchto poznatků se dají vytvořit teorie ohledně příčin zdržení, navrhnout experimenty a optimalizace. V následujícím grafu, viz obr. 2.5, budou zahrnuty pouze časy přeprav bez časů oprav a následná optimalizace se bude týkat pouze přepravy.

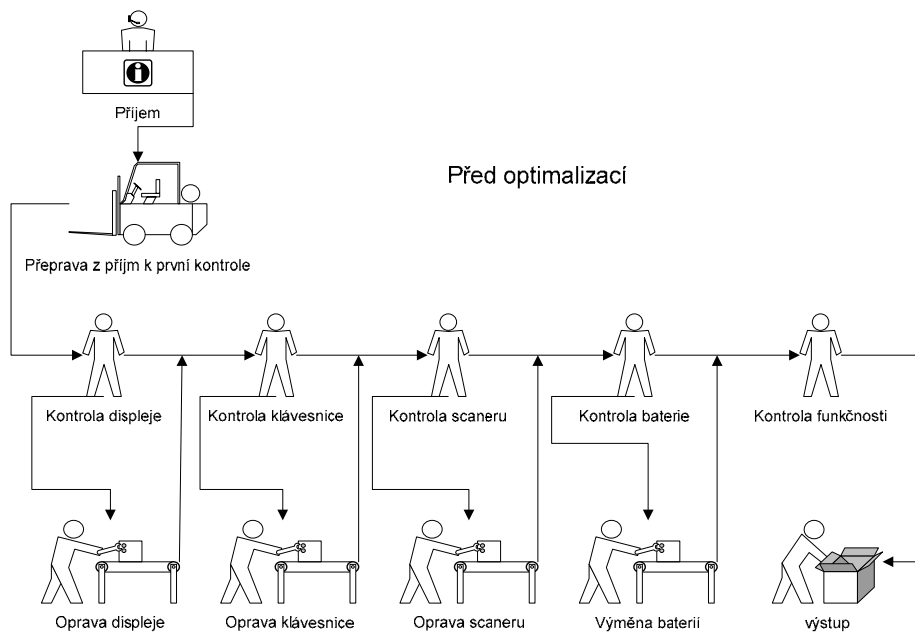
Podle Paretova diagramu zabírá čas na přepravu od příjmu k první kontrole téměř 50% celkového času přepravy opravovaného výrobku. Návrhem optimalizačního kroku je upravit pozice kontrolních a opravných stanovišť a hlavně vzdálenost od příjmu opravovaných výrobků.



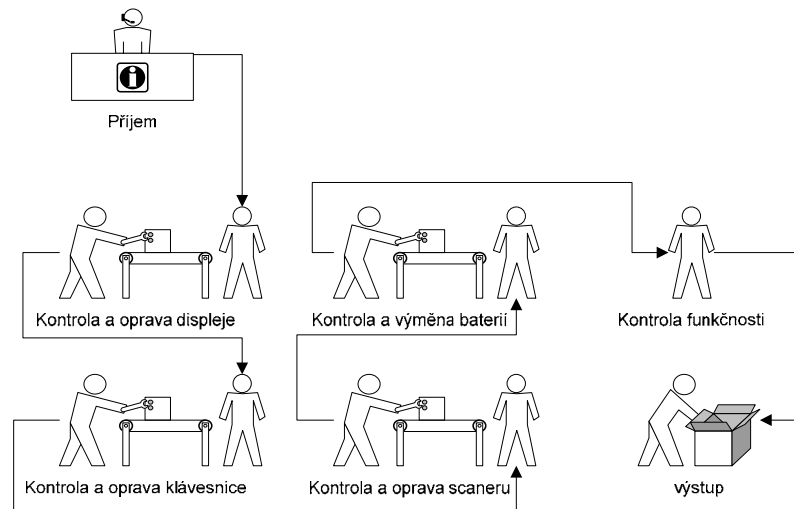
Obr. 2.5: Paterův diagram časů přepravy

Vylepšení

Výběr řešení pro identifikované příčiny. Optimalizace rozmístění.



Obr. 2.6: Rozmístění linky před optimalizací



Obr. 2.7: Rozmístění optimalizované linky

Řízení

Následným monitorováním takto optimalizované linky budeme kontrolovat, zda optimalizace přinesla požadované zkrácení doby potřebné k opravě přenosného počítače.

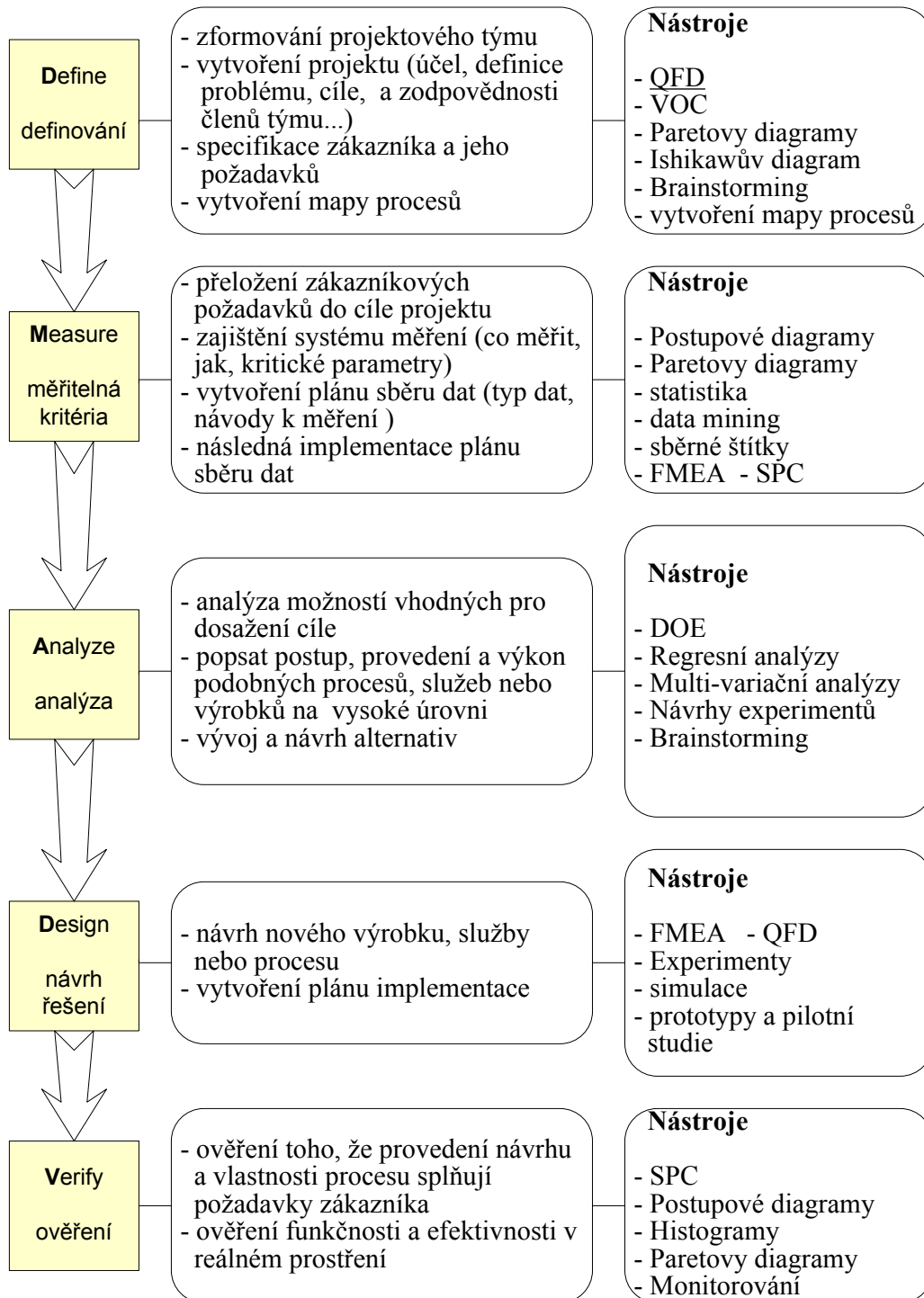
2.3.3 DMADV

Je model využívaný v metodologii six sigma pro návrh procesu, služby nebo výrobku. Produkt, služba nebo proces v rámci podniku neexistují a potřebujeme je vyvinout tak aby odpovídali požadavkům zákazníků a pokud možno na úrovni odpovídající six sigma. Někdy je možné použít také pro existující produkt, službu nebo proces, který byl optimalizován (např. použitím DMAIC) a je potřeba ho přepracovat do tak, aby odpovídal požadavkům zákazníka nebo úrovni six sigma.

Je tedy patrné, že se tato metoda v mnohém podobá modelu DMAIC a v podstatě jsou i první tři fáze obdobné a lze pro ně používat stejné nástroje. Ve fázi měření ovšem neprovádíme měření parametrů, ale spíše vytváříme kritéria pro budoucí Produkt. Prvním výrazným rozdílem je fáze návrhu řešení:

- návrh musí vyhovovat nejen požadavkům zákazníka, ale také požadavkům na jakost – aspekty metodologie six sigma
- potřeby návrhu musí být jasné tak, aby každý zainteresovaný do projektu pochopil proces.
- užití odhadových modelů, simulací, prototypů pro ověření toho, jestli návrh splňuje požadavky na něj kladené.

- důležitým faktorem v návrhové fázi je ujištění, že je vytvořeno detailní zmapování procesů, nejsou žádné otázky týkající se procesu a není prostor pro interpretace.



Obr. 2.8 DMADV postupy a nástroje

2.4 Normování času

Norma času je nástroj pro plánování, organizování a řízení práce, který udává kolik času je maximálně zapotřebí pro vykonání práce. Ve skutečnosti je většinou potřebná doba kratší. Může být vyjádřena poměrem mezi prací a potřebným časem, nejčastěji v minutách na daný výkon. Pomocí časových studií můžeme změřit, kolik času práce zabere a následně pomocí k tomu vhodných nástrojů vytvořit normu času. Podmínkou pro tvorbu norem času je, že:

- pracovník bude mít předpoklady odpovídající vykonávané práci,
- bude pracovat normálním pracovním tempem,
- bude zachovávat zásady bezpečnosti a hygieny práce.

Normy času lze použít u těch výrobních operací, kde práce nebo alespoň některé její části mají opakovaný charakter. Lze je využít například pro:

- operativní plánování - kde norma času umožňuje zjišťovat možné ukončení objednávky zákazníka a pracovníci budou připraveni na další zakázku,
- kapacitní plánování - aby se zjistilo, jak velká kapacita (počet pracovníků, potřebný čas) je zapotřebí pro požadovaný výkon,
- efektivní rozdělování práce mezi všechny pracovníky,
- odhad pracovních nákladů a jejich podíl na nákladech výrobku či služby.

2.4.1 Metody stanovení norem času

Metody tvorby norem se obvykle rozdělují na tyto skupiny:

Metody rozborové – Jako první je nutné provést rozbor normované práce, při kterém se určí, které činnosti (úkony) do ní patří a které ne. Takovýto seznam je doplněn o časové údaje, které se sečtou. Časové údaje lze získat dvěma způsoby, podle kterých se pak metoda rozděluje na:

- Metodu rozborově chronometrážní - časové hodnoty se naměří časovými snímkami.
- Metodu rozborově výpočtovou - časové hodnoty se doplní výběrem z různých sborníků nebo našich předchozích měření.

Metody sumární, přibližné.

Při tvorbě norem se nezkoumá pracovní náplň dané operace, ani se neodlišují časy normovatelné od časů ztrátových. Norma takto stanovená není technicky zdůvodněná a měla by se používat jen po přechodnou dobu, než bude nahrazena metodou přesnější. Výhodou je ale rychlé, operativní stanovení normy. Rozlišují se:

- Metoda odhadu dle zkušenosti
- Metoda odpichu času – vypočítává se čas potřebný na jednotku výkonu. Pro jeho zjištění se měří jen začátek a konec práce a provedený výkon. Z toho se vypočte čas na jednotku výkonu.
- Metoda statistická – po několika dnech práce bez normy se ze záznamů práce vypočtou časy na jednotku výkonu.

Metoda rozborově chronometrážní

Před začátkem provádění časové studie by měl být vybrán pracovník s odpovídající kvalifikací a měl by mu být stručně vysvětlen účel měření. Není totiž žádoucí, aby pracovník prováděl práci rychleji nebo pomaleji oproti normálnímu pracovnímu tempu. Před vlastním začátkem měření je vhodné se detailněji seznámit s postupem úkonů práce, ze kterých dílčích částí se práce skládá a které činnosti do normované práce nepatří, protože se vykonávají například z důvodu špatné organizace práce. Je vhodné si také vést poznámky o všech faktorech a podmínkách, které nějakým způsobem ovlivňují nebo mohou ovlivnit požadovaný výkon (jméno dělníka, vykonávaná činnost, její podrobnější popis, druh stroje nebo nářadí, organizace práce). Dalším krokem je vlastní zápis měřených časů. Podle dostupné techniky pro měření času lze zaznamenávat buď postupný čas, který postupně narůstá a z něj později vypočítat jednotlivé časy nebo lze měřit přímo čas úkonu. V případě nestandardního úkonu je třeba uvést příčinu v poznámce, aby se později mohlo rozhodnout, zda se mají do času práce započítat nebo ne. Po změření dostatečného počtu pracovních cyklů se měření ukončí.

2.4.2 Vyhodnocení časové studie

Jako první je nutné prohlédnout všechny naměřené hodnoty a také informace v položce poznámek. Jestliže některé činnosti do normované práce nepatří, vyškrtne je (například dělník si šel sám pro součástky, ačkoliv mu je měl přinést někdo jiný). Rovněž posoudíme časy na nutné úkony a některé vyloučíme. Nesmí to být ale mechanicky, jen proto, že jsou nadměrně dlouhé nebo krátké. Vždy by to mělo mít jen ten důvod, že uvedená činnost byla vykonána v nějakých odlišných, mimořádných podmínkách, které by se příště neměly opakovat. Jakmile jsou vytříděny nevhodné hodnoty, přichází na řadu zprůměrování hodnot

a jiné statistické metody pro zpracování většího množství hodnot. Další postup je různý a záleží na rozhodnutí normujícího pracovníka. Vhodnou pomůckou je vynásobení získaných času koeficienty, které zohledňují například obtížnost práce, pracovní tempo a podobně.

Navíc je možné výsledné časy upravit pomocí takzvaných přírážek. Je to koeficient, který započítává čas potřebný na přestávky, hygienické potřeby, únavu během směny a jiné. Používají se tabulky pro určování koeficientů. Jako příklad je tato tabulka 2.1.

Tab. 2.1: Přírážka v % k normálnímu času [1]

faktor	Přírážka v %
osobní potřeby	5
základní únava ve směně	4
práce vstoje	2
nevhodná pracovní pozice	2 – 7
zvedání břemen do 5 kg	0
do 10 kg	1
do 15 kg	2
do 20 kg	3
do 25 kg	4
do 40 kg	9
do 50 kg	15
špatné osvětlení	
slabě pod doporučenou hodnotou	0
značně pod doporučenou hodnotou	2
zcela nevyhovující	5
atmosférické podmínky (teplo, vlhkost aj.)	0-10
pozornost	0-5
hlučnost	0-5
duševní vypětí	1-8
monotónnost	0-4
obtížnost	0-5

Na příkladu mohu vysvětlit, jak se pomocí těchto koeficientů vypočítá nový normovaný čas. K změřenému nebo již upravenému času budu zohledňovat tyto faktory: osobní potřeby, základní únava ve směně, monotónnost (3 %), duševní vypětí (2 %). Sečtu procentuální hodnoty (5+4+3+2=14) a výsledný koeficient je 1,14 neboli 14 % času navíc. Tedy změřený nebo upravený čas vynásobím tímto koeficientem a získám normu času, která by měla vyjadřovat maximální dobu nutnou pro vykonání dané práce.

2.5 **Glosář souvisejících pojmů**

Benchmarking – akce, která odhaluje specifické praktiky a procesy, jež vedou k vysoké výkonnosti a k pochopení toho, jak tyto praktiky a procesy fungují a k následné aplikaci a adaptaci těchto praktik a procesů v organizaci.

Brainstorming - hlavním smyslem brainstormingu je vyprodukovat co nejvíce nápadů a potom posoudit jejich užitečnost. Brainstorming má také svá pravidla: nepřipouští se kritika, naprostá volnost v produkci nápadů, vyprodukování co nejvíce nápadů, zapisování nápadů, inspirace již vyprodukovanými nápady.

Datamining - vytěžování dat, je technika Extrakce zajímavých (netriviálních, předem neznámých a potenciálně užitečných) informací nebo vzorů z dat ve velkých databázích. [7]

DFSS - design for six sigma, metoda zlepšování produktu nebo procesu, aby splňoval požadavky zákazníků a dosahoval kvality na úrovni six sigma

DMADV - jeden z modelů pro zavádění a zlepšování produktu, služby nebo procesu. Posloupnost kroků: Define = definování, Measure = měřitelná kritéria, Analyze = analýza, Design = návrh řešení, Verify = ověření

DMAIC - jeden z modelů pro zlepšování produktu, služby nebo procesu. Posloupnost kroků: Define = definování, Measure = měření, Analyze = analýza, Improve = zlepšení, Kontrol = řízení (kontrola)

DOE - design of experiments, Experimentování představuje vlastně testování kombinací různých hodnot (úrovní) faktorů, o nichž si myslíme, že mají vliv na odezvu (charakteristiku jakosti). Protože testování všech variant představuje neúměrně veliký počet zkoušek, používají se pro experimentování zkrácené metody, které zkoumají pouze určitou frakci všech možných kombinací. DOE používající Taguchiho přístup představuje postup, který výrazně redukuje nutný počet zkoušek a přináší mnoho dalších výhod. [17]

FMEA - Analýza příčin vad a jejich důsledků se zabývá systematickým zkoumáním možných vad, které by se mohly projevit u produktů při používání nebo při praktické realizaci procesů. Analyzovaný objekt (produkt, proces) je uceleným systémem. Aby bylo možno identifikovat všechny vady, je rozkládán na jednotlivé skladebné prvky (výrobek na díly, proces na jednotlivé operace). V každém prvku je identifikován projev možných vad, jejich následky pro zákazníka a uvedeny pravděpodobné příčiny. Pro přijetí účinných preventivních opatření se stanoví míra rizika - rizikové číslo. [11]

Ishikawův diagram - diagram příčin a následků - tzv. "rybí kost" slouží pro zobrazení a utřídění všech možných příčin a subpříčin, které ovlivňují daný následek. Tím předkládá celistvý pohled na sledovanou situaci. Následkem nemusí být pouze identifikovaný či potenciální problém, může jím být jakákoli entita. [11]

ISO - International Organization for Standardization, Mezinárodní organizace pro normy, (také označení normy)

Korelační diagramy - Jde o metodu umožňující na bázi grafického znázornění představit si vztahy mezi dvěma veličinami. Na základě zanesení zjištěných hodnot do diagramu lze usoudit, je-li vůbec mezi veličinami závislost (jsou-li hodnoty v kruhu, lze předpokládat, že závislost je minimální), z rozložení zaznamenaných hodnot lze usuzovat na těsnost závislosti mezi těmito veličinami, popř. i naznačit vývoj závislosti jedné veličiny na druhé. [11]

Paretův diagram – Grafická metoda zpracování dat se zaměřením na problém, který má největší potenciál pro zlepšování. Zobrazuje podíl příčin na celku pomocí sestupného sloupcového grafu. Vychází z Paretova principu: 20% příčin způsobuje 80% problémů.

PDCA - Většina modelů zlepšování procesů je založena na postupu, který zavedl W. Edwards Deming: Plán-Provedení-Kontrola-Akce neboli PDCA(plan-do-check-act). Postup popisuje posloupnosti kroků zlepšování procesů

Ppm – parts per milion, výraz pro jednu miliontinu celku

Procesní mapy - Ilustrovaný popis funkce, který umožní vizualizaci celého procesu a identifikaci slabých a silných míst. Pomáhá redukovat časové prodlevy a defekty.

QFD - Quality Function Deployment, metoda slouží k transformaci požadavků a představ zákazníků do technické podoby výroby a služeb, ve všech stádiích přípravy výrobků. QFD vyžaduje věnovat větší pozornost jasnému vymezení a převedení požadavků zákazníků do konečné podoby výrobku a jeho výroby a eliminaci následných úprav dopracování a změn připraveného či již vyráběného výrobku. Navíc, názorné vizuální velké pomůcky (matice) představují vždy vstup a výstup, což zajišťuje vizuální sledování potřeb zákazníka až do výroby. [11]

Regresní analýzy - označení statistických metod, pomocí nichž odhadujeme hodnotu jisté náhodné veličiny (takzvané závisle proměnné, cílové proměnné) na základě znalosti jiných veličin (nezávisle proměnných).

Regulační diagram - Formulář pro grafické vyhodnocování způsobilosti výrobního zařízení či vyráběných komponentů. Do grafu se zanáší hodnoty získané při postupné kontrole náhodně vybraných prvků. Z regulačního diagramu lze usuzovat zda proces/kvalita vyráběných výrobků probíhá ve stanovených mezích. [11]

Simulace - Analýzy systémů, jejímž základem je vytvoření abstraktního modelu reálného systému.

SIPOC - (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers) Nástroj používaný pro identifikaci všech relevantních elementů projektů pro zlepšování procesů před začátkem práce. Typický pro fázi definování.

SPC - Statistical Process Control, statistické řízení procesů. Statistickou regulací procesu se rozumí udržování procesu v ustáleném a požadovaném stavu. Předpokládá se přitom, že chování procesu je charakterizováno chování jedné nebo více veličin, nejčastěji znaků jakosti nebo technických parametrů. Tyto hodnoty se pravidelně kontrolují (např. zkouškou, měřením, prohlídkou apod.) a že je k těmto hodnotám stanoveno kritérium umožňující po každé zkoušce rozhodnout, zda stav procesu má nebo nemá být považován za ustálený a splňující příslušné požadavky. [11]

Six sigma - strategie zahrnuje použití statistických nástrojů a strukturované metodologie k získání znalostí potřebných k dosažení lepších, rychlejších a méně nákladných výrobků a služeb než konkurence.

Stromové diagramy - grafické znázornění rozložení například procesu na podúrovně s dalšími dílčími procesy. Slouží k lepšímu porozumění celku rozkladem na menší části.

VOC – voice of Customers, zjištění potřeb zákazníka jako krok plánování a návrh řešení.

3 Praktické využití DMAIC

Tato část práce je zaměřena na praktické využití modelu DMAIC. V souladu se zadáním práce a přístupem k technologiím a datům firmy Motorola jsme se s odpovědnými zaměstnanci firmy domluvili na způsobu uplatnění DMAIC na jejich lince. Použití tohoto modelu vyhovuje požadavkům na metodologii lean six sigma a také může být použit jako nástroj pro odhalení kapacitně úzkých míst podle TOC.

Měření probíhalo v globálním servisním centru v Brně, které sdružuje více než 350 servisních služeb, zajišťujících téměř 22 000 oprav měsíčně pro více než 150 skupin produktů. Linka Cobalt, na které jsem prováděl měření, je zaměřena na opravu firemních mobilních nástrojů. Na následujících obrázcích jsou některé z přístrojů opravovaných na lince Cobalt:



Obr. 3.1: PDT 6100 vlevo a PDT 6146 vpravo



Obr. 3.2: PDT 7200



Obr. 3.3: PDT 7500

Jako nejschůdnější řešení pro obě strany se projevilo měření a normování časů operací na lince. Proto jsme rozplánovali harmonogram práce a měření do časového intervalu jednoho roku, který pokrýval všechny fáze diplomové práce včetně semestrálních projektů. V jarním období roku 2007 jsem změřil data potřebná pro vypracování první části analýzy linky. V rámci semestrálního projektu 2 jsem zpracoval první tři části modelu DMAIC – definování, měření a analýzu. Tyto tři části jsou v kapitolách 3.1, 3.2 a 3.3. Na základě potřeb firmy a částečně na základě výsledků analýzy se firma rozhodla změnit pro dané výrobky linkovou opravu na individuální. Tímto krokem bylo nutné přizpůsobit i mou diplomovou práci. Změnu linky na individuální opravu lze chápat jako návrh zlepšení, tedy výsledek analýzy. Protože je DMAIC cyklický model a lze libovolně opakovat některé fáze, tak jsem se v dalším kroku opět vrátil ke kroku definování (nový layout) a dále měření, které jsem provedl na začátku roku 2008, viz kapitola 3.5 a k doplňující analýze v kapitole 3.6. Na pracovištích individuální opravy jsem proměřil stejným způsobem jako na lince časy operací a změřená data zpracoval v analýze, kde jsem zároveň srovnal opravu linkovou a individuální.

Výstupem praktické části jsou potom návrhy norem času, pro jednotlivé typy přístrojů pro linkovou opravu i individuální opravu. Dále srovnání linkové a individuální opravy z hlediska norem času.

3.1 Definování

Podle dohody s firmou Motorola jsem nejdříve nastudoval možnosti metod normování práce a měření výkonnosti linky. Dalším krokem, bylo definování cíle projektu. V rámci měření jsem se zapojil do týmu, který již prováděl na některých linkách ve výrobě měření. Byla mi přidělena linka Cobalt, na které jsem měl provést vhodná měření a analýzy pro zjištění stavu linky a možného zvýšení kapacity pro budoucí potřeby. Linka Cobalt je zaměřena na opravu přístrojů těchto modelů: PDT61xx, PDT72xx a PDT75xx kde xx udávají modifikace jednotlivých modelů. Na této lince procházejí přístroje přes pracoviště demontáže, montáže a testování.

Na **demontáži** je přístroj rozebrán na jednotlivé součásti a zároveň opravován. Míra demontáže je závislá na druhu poruchy definovaném v průvodním listu k přístroji. Během demontáže provádí operátor výroby přípravu (zjištění závady podle průvodního listu = job sheet), optickou kontrolu plastových krytů, kontrolu tlačítek, otáčení hlavy scanneru, odlepení nálepek, čištění portu, optickou kontrolu součástí přístroje. Zjištěnou závadu ihned opravuje nebo vyměňuje vadnou součást. Výměna vadné části zahrnuje záznamy do PC o výměně a odepisování použitých náhradních dílů, zabalení vyměněných nefunkčních dílů a uložení do k tomu určených stojanů. Dále testuje funkčnost přístroje v jednotlivých fázích opravy a demontáže a předává rozebraný přístroj na montáž.

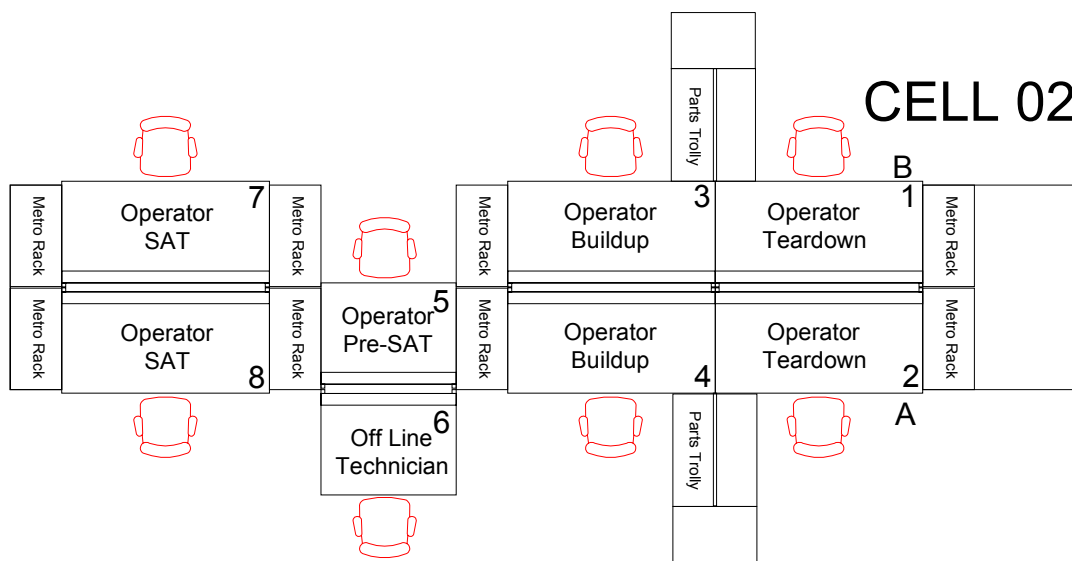
Na **montáži** je celý přístroj znovu sestaven, aby bylo možné otestovat jeho funkci. Pro lepší časovou návaznost s demontáží může být náplní práce operátora montáže také výměna některých dílů méně podstatných pro správnou funkci, jako jsou těsnění a plastové části. Dalším úkolem je optická kontrola, kontrola základních funkcí jako je otáčení skenovací hlavy a také čištění přístroje. Poté je přístroj předán k testování.

Při **testování** je potřeba rozlišovat čas práce stroje (machine time) a čas práce operátora (labour time). Testování přístroje se skládá ze dvou částí. **PRESAT** je část nahrávání testovacího software, mazání předchozího software. Přítomnost pracovníka je zde nutná na začátku a konci nahrávání. **SAT** je část vlastního testování a má tři fáze:

Načítání systému a příprava testu bez zasahování pracovníka, nutná jeho přítomnost pro případ nutnosti restartu,

Série krátkých testů, u kterých musí pracovník být a aktivně pracovat (test klávesnice) nebo potvrzovat další test. Testy: klávesnice, napájení, spouště, scanner, port. Poměr MT a LT v této fázi cca 1:1,

Bez zásahu pracovníka. Test rádia, načítání specifikací, mazání testovacího software.



Obr. 3.4: Layout linky Cobalt poskytnutý firmou Motorola

3.2 Měření

Během tří pracovních dnů jsem provedl potřebná měření spolu s pozorováním linky. Před vlastním začátkem měření jsem se detailněji seznámil s postupem úkonů na lince Cobalt a ze kterých dílčích částí se skládá. Na jednotlivých pracovištích jsem vždy odměřil několik hodin v kuse a poté jsem se přesunul na další. Tento postup jsem zvolil proto, že jsem nemohl sledovat jeden přístroj od demontáže po konec testování. Důvodem byly mezisklady ve výrobě, kam se ukládaly přístroje před převzetím na dalším pracovišti. Poté, co jsem odměřil dostatek hodin na každém pracovišti, jsem po zbytek času doměřoval tak, abych měl z každého pracoviště dostatek záznamů pro každý model. I přes toto opatření nebylo možné provést u některých typů dostatek měření, protože je vše závislé na tom, které modely je zrovna nutné opravit a které jsou na skladě.

3.2.1 Postup měření

Každý úkon jsem si zaznamenával postupně, protože se postup operací u stejných modelů lišil a bylo zbytečné předem vytvářet tabulky s názvy operací. Čas jsem měřil pomocí stopek na mobilním telefonu. Zaznamenával jsem vždy čas, kdy daná operace skončila a přitom nechal čas na stopkách běžet. Stopoval jsem vždy, když byl operátor od práce vyrušen a tím pádem se nevěnoval práci. Například kvůli objednávání náhradních dílů, přijímce náhradních dílů, výměně regalů s náhradními díly při přechodu na jiný model, osobním potřebám atd. Tímto způsobem jsem tedy zaznamenával pouze skutečný čas potřebný pro splnění úkolu. V následující tabulce 3.1 je ukázka záznamu měření z demontáže.

Tab. 3.1: Ukázka záznamu měření

PDT7540-R0X13MFR			
Operace	Průběžný čas [min]	Čistý čas [s]	poznámky
příprava	0 – 1.34	94	s testem
D. zadní kryt	1.34 – 1.48	58	s výměnou
D.	2.16 – 2.50	34	s testem
D. portu	2.50 – 3.20	30	
D. radio	4.04 – 4.39	35	
D. display	4.51 – 5.03	12	
test scanner	5.03 – 5.46	43	
D. CPU	4.39 – 4.51	12	
čištění	1.48 – 2.16	28	odstranění
Papírování	5.46 – 6.35	51	
Celkem	0 – 6.35	397	

3.3 Analyzování

Změřená data jsem přepsal do tabulek v programu Excel, abych s nimi mohl dále pracovat. Kompletní záznamy z měření jsou uloženy jako příloha v elektronické podobě na CD. Název souboru je „cobalt_time_measure.xls“ a jejich příkladem je tabulka 3.1, kde je červenou barvou zvýrazněna statisticky nevhodná hodnota. Takto jsem vyloučil časy, které byly nepřiměřeně dlouhé nebo naopak krátké a proto není vhodné s nimi dále pracovat. Takovéto časy jsem identifikoval podle poznámek z měření a také podle průměrných hodnot. V této práci budu uvádět pouze příklady tabulek s postupem jejich tvoření a dále tabulky shrnující výsledky jednotlivých kroků analýz.

3.3.1 Statistické zpracování

Tabulky záznamů měření jsem upravil tak, abych mohl provádět statistické výpočty. Tato úprava pro statistické zpracování je uložena jako příloha v elektronické podobě na CD. Název souboru je „analiza_cobalt.xls“. Pro každý přístroj jsem vytvořil tabulku, viz tab. 3.2, ve které jsou zaznamenány všechny časy změřené pro daný typ. V tabulce jsou již vynechány statisticky nevýznamné hodnoty. Nejprve jsem vypočítal průměr a medián každého řádku. Rozhodl jsem použít pro normování času hodnotu průměru získanou z průměru a mediánu. Přesněji sumu těchto průměrů pro jednotlivé operace. Tato zpracování jsou jako příklad uvedena v tabulce 3.3.

Tab. 3.2: Záznam časů (z měření PDT 6146 ve fázi testování) pro statistické zpracování

		6146					
p r e s a t	MT	mazání	30	30	30	30	30
		nahrávání	80	80	80	80	80
		suma	110	110	110	110	110
	LT	mazání	10	15	15	10	10
		konec	10	10	10	10	10
		suma	20	25	25	20	20
celkem		130	135	135	130	130	
s a t	MT	fáze 1	30	32	28	40	40
		fáze 2	60	32	50	60	65
		fáze 3	425	407	402	386	390
		suma	515	471	480	486	495
	LT	papírování	20	40	20	20	20
		obsluha	124	35	80	80	85
		suma	144	75	100	100	105
	celkem		659	546	580	586	600
	testování celkem		789	681	715	716	730

Každý sloupec tabulky s číselnými hodnotami představuje jedno měření. MT = machine time (čas práce stroje) a LT = labor time (čas práce pracovníka) a to v sekundách. Poslední řádek reprezentuje celkové změřené časy fáze testování.

Tab. 3.3: Statistické zpracování hodnot tabulky 3.2.

průměr - P	medián - M	průměr P a M	Suma jednotlivých kroků	z toho:	
30	30	30	725		
80	80	80			
110	110	110			MT
12	10	11			601,7
10	10	10			
22	20	21			
132	130	131			LT
34	32	33			
53,4	60	56,7			123,4
402	402	402			
489,4	486	487,7			
24	20	22			
80,8	80	80,4			
104,8	100	102,4			
594,2	586	590,1			
726,2	716	721,1		4	rozdíl sumy a průměru

V této tabulce jsou shrnuty provedené statistické výpočty. Rozhodl jsem se, že bude vhodnější, když vypočítám průměr získaných průměrů a mediánů. Vycházel jsem z toho, že při tomto způsobu práce, kdy je každý krok závislý na operátorovi a navíc se počítá s úkony jako papírování a čištění, které jsou značně proměnlivé. Zvýrazněná hodnota **721,1** je tedy průměrem průměru a mediánu celkových změřených časů. Hodnota **725** je potom součtem průměrů P a M jednotlivých operací. Tuto hodnotu budu dále používat pro Normování času. Pro představu jsem ještě počítal rozdíl těchto hodnot. Ten vzniká proto, že v celkových časech jsou zahrnuty i statisticky nevýznamné hodnoty a součet průměrů P a M jednotlivých operací je bez těchto hodnot. Rozdíl jsem uváděl jen pro představu, jak některé hodnoty mohou ovlivnit celkové časy. Takto jsem tedy zjistil průměrné časy potřebné na opravu jednotlivých specifikací přístrojů. Jejich souhrn je v tabulce 3.4.

Tab. 3.4: Souhrn průměrných časů potřebných na opravu v jednotlivých fázích opravy – linka Cobalt

Typ přístroje →		6146	6100	6140	7542	7540	7246
Demontáž	[s]	183	214	266	455	380	418
Montáž	[s]	215	253	/	514	/	505
test - MT	[s]	602	155	/	415	/	538
test - LT	[s]	123	112	/	147	/	136
test - celkem	[s]	725	267	/	562	/	674
celkový čas na přístroj	[s]	1123	734	/	1531	/	1597

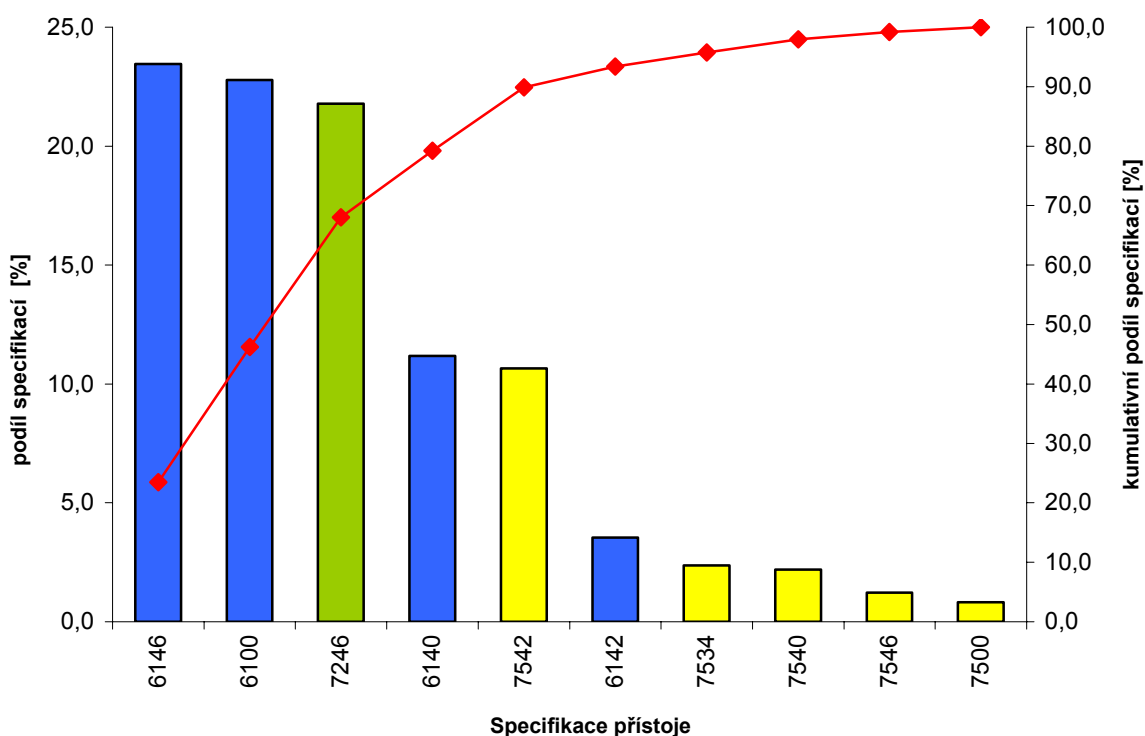
Kvůli postupu měření, který jsem popisoval v kapitole 3.2, nejsou změřeny pro některé specifikace přístrojů všechny fáze opravy. Tyto chybějící měření jsou v tabulce 3.4 reprezentovány lomítkem. V případě specifikace 6146 chyběly hodnoty z měření montáže. Tento nedostatek jsem se rozhodl dopočítat. Zjistil jsem, že průměrný čas demontáže je vždy kolem 85 % průměrného času montáže. Toho jsem využil a chybějící čas jsem dopočítal ze známého průměru demontáže. Tato hodnota je potom v tabulce 3.4 zvýrazněna tučně stejně jako celkový čas pro tuto specifikaci, protože je ovlivněn vypočtenou hodnotou.

3.3.2 Podíl typů přístroje

Pro další zpracování jsem potřeboval zjistit, jakou měrou se jednotlivé typy nebo specifikace podílejí na celkovém počtu opravených přístrojů. Z dat za období 1. 1. 2007 - 24. 4. 2007, která mi poskytla firma Motorola, jsem vytvořil přehledovou tabulku 3.5 a jí odpovídající paretův graf viz obr. 3.5. Hlavně z paretova grafu je patrné, že nejvíce se opravují přístroje se specifikací 6146, 6100, 7246 a to mezi 20 a 25 procenty. Časy všech tří byly statisticky zpracovány a navíc byly zpracovány i časy pro specifikaci 7542, která je s 10,7 % na pátém místě. Tyto procentuální výsledky použiji pro příklad toho, kolik přístrojů daného typu a specifikace by mělo být opraveno za směnu.

Tab. 3.5: Podíly specifikací a typů přístrojů na celkovém počtu oprav

Typ	Specifikace	počet kusů	% z celku	počet kusů	% z celku
61xx	6100	780	22,8	2087	61,0
	6140	383	11,2		
	6142	121	3,5		
	6146	803	23,5		
72xx	7246	746	21,8	746	21,8
75xx	7500	28	0,8	591	17,3
	7534	81	2,4		
	7540	75	2,2		
	7542	365	10,7		
	7546	42	1,2		
celkem		3424	100,0	3424	100,0



Obr. 3.5: Paretův diagram rozložení podílu specifikací na celkovém počtu opravených přístrojů

3.3.3 Přirážky k průměrným časům

Podle vlastního rozhodnutí jsem vybral některé přirážky z tabulky 2.1 a to osobní potřeby – 5 %, základní únava ve směně – 4 %, monotónnost – 2,5 %, obtížnost – 1 %, pozornost – 2 % a duševní vypětí – 2 %. To dohromady dává 16 %. O tuto hodnotu zvýším průměrné časy v tabulce 3.4 a tím získám časy, které budu považovat za normu času pro dané specifikace přístrojů. Tato úprava je shrnuta v následující tabulce 3.6.

Tab. 3.6: normované časy potřebné na opravu daných typů přístrojů – linka Cobalt

Typ přístroje	6146		6100		7542		7246	
Čas v:	[s]	[min]	[s]	[min]	[s]	[min]	[s]	[min]
demontáž	212	3:32	248	4:08	528	8:48	485	8:05
montáž	249	4:09	293	4:53	596	9:56	586	9:46
test - MT	698	11:38	180	3:00	481	8:01	624	10:24
test - LT	143	2:23	130	2:10	171	2:51	158	2:38
test - celkem	841	14:01	310	5:10	652	10:52	782	13:02
celkový čas na přístroj	1303	21:43	851	14:11	1776	29:36	1853	30:53

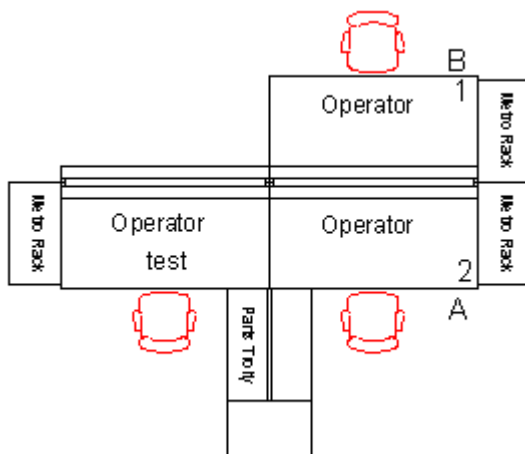
3.4 Vylepšení

Po skončení měření na lince Cobalt na jaře 2007 jsem zpracovaná data, které jsou v této práci součástí kapitol 3.1 až 3.3.3, předal firmě Motorola ve formě elaborátu. To bylo součástí dohody. Mě byla poskytnuta možnost měření ve výrobě a mnou změřená data na oplátku posloužila k dalšímu zpracování uvnitř firmy.

Na základě potřeb firmy vyplývající ze snížení počtu přijímaných přístrojů (modelů PDT61xx, PDT72xx a PDT75xx) k opravě a částečně na základě výsledků mé analýzy se firma rozhodla změnit pro dané přístroje linkovou opravu na individuální. Tímto krokem bylo nutné přizpůsobit i mou diplomovou práci. Původně měl být návrh zlepšení (optimalizace) linky součástí druhé fáze práce. Než k ní došlo, tak už byla změna provedena a já jsem tedy musel buď navrhnout na základě analýzy jiné vylepšení, nebo pracovat dále s již provedenou změnou. Po dohodě jsme dospěli k rozhodnutí, že nejlepší bude srovnat výsledky z analýzy linky Cobalt s individuální opravou, kterou tedy bude nutné doměřit a zpracovat. Změnu linky na individuální opravu lze tedy chápat jako návrh zlepšení, tedy výsledek analýzy.

3.5 Definování – druhý krok

Protože došlo ke změně linky, je nutné před vlastním měřením znovu definovat podmínky pro měření, layout pracoviště, postupy a další podklady pro měření. Oproti osmi pracovištím na lince Cobalt má individuální oprava pouze tři pracoviště. Jejich rozvržení je na obrázku 3.6.



Obr. 3.6: Layout individuální opravy poskytnutý firmou Motorola

Jak je vidět tak oproti lince Cobalt, která měla zvlášť pracoviště pro demontáž, montáž, testovací část PreSat a testovací část Sat, má individuální oprava sloučenou demontáž a montáž dohromady na jednom pracovišti a obě fáze testů také na jednom pracovišti. Třetí pracoviště je duplicitní se spojenou demontáží a montáží a to z důvodu větší časové náročnosti než má testovací pracoviště. Stejně jako u linkové opravy i tady není podmínkou, že budou obsazena všechna pracoviště. Například v době měření se na třech pracovištích střídali dva operátoři. Jeden byl trvale na pracovišti pro demontáž a montáž a druhý přecházel podle potřeby a vytíženosti mezi testovacím pracovištěm a duplicitním pro demontáž a montáž.

Popis prováděných operací je přiměřeně totožný s linkou Cobalt. Jediný rozdíl je v tom, že nyní se čištění provádí převážně po testovací části, zatímco u linky Cobalt bylo čištění součástí montáže.

3.6 Měření – druhý krok

Během dvou pracovních dnů na konci ledna 2008, jsem provedl potřebná měření na pracovištích individuální opravy. Detaily o jednotlivých operacích při demontáži, montáži (nyní jako jeden celek) a testování jsem již měl z předchozího měření na linkové opravě. Na jednotlivých pracovištích jsem vždy odměřil několik hodin v kuse a poté jsem se přesunul na další. Poté, co jsem odměřil dostatek hodin na každém pracovišti, jsem po zbytek času doměřoval tak, abych měl z každého pracoviště dostatek záznamů pro každý model. I přes toto opatření nebylo možné provést u některých typů dostatek měření, protože je vše závislé na tom, které modely je zrovna nutné opravit a které jsou na skladě.

Postup měření byl stejný jako v případě linkové opravy. Kompletní záznamy z tohoto měření jsou uloženy jako příloha v elektronické podobě na CD. Název souboru je „individual_time_measure.xls“

3.7 Analýza – druhý krok

Tabulky záznamů měření jsem upravil tak, abych mohl provádět statistické výpočty. Tato úprava pro statistické zpracování je uložena jako příloha v elektronické podobě na CD. Název souboru je „analyza_cobalt.xls“. Pro každý přístroj jsem vytvořil tabulku, viz Tab. 3.7, ve které jsou zaznamenány všechny časy změřené pro daný typ. V tabulce jsou již vynechány statisticky nevýznamné hodnoty. Nejprve jsem vypočítal průměr a medián každého řádku. Rozhodl jsem použít pro normování času hodnotu průměru získanou z průměru a mediánu. Přesněji sumu těchto průměrů pro jednotlivé operace. Tato zpracování jsou jako příklad uvedena v tabulce 3.8.

Tab. 3.7: Záznam časů (z měření PDT 6146 ve fázi demontáže a montáže) pro statistické zpracování

PDT 6146					
příprava	49	53	12	75	59
D. zadní kryt	21	14	8	15	16
D. radio	9	15	10	14	13
D. paměť (EMS) + CPU	8	18	20	22	21
D. Scanner	0	15	0	0	0
test scanner	26	17	0	15	21
test CPU a display	0	10	10	0	0
M. display	0	0	17	0	0
M. paměť (EMS) + CPU	17	26	56	35	52
M. scanner	0	12	0	9	15
M. radio	13	40	23	13	25
M. zadní kryt	52	14	17	55	18
čištění	0	0	0	0	47
výměny	30	0	20	19	0
Papírování	49	57	71	52	34
celkem	274	291	264	324	321

V této tabulce 3.7 odpovídá každému sloupci jeden změřený přístroj a časy jednotlivých operací v sekundách. V posledním řádku je celkový čas na demontáž a montáž každého přístroje.

Tab. 3.8: Statistické zpracování hodnot tabulky 3.7.

průměr - P	medián - M	průměr P a M	Suma jednotlivých kroků	
49,6	53	51,3	284	
14,8	15	14,9		
12,2	13	12,6		
17,8	20	18,9		
3,0	0	1,5		
15,8	17	16,4		
4,0	0	2,0		
3,4	0	1,7		
37,2	35	36,1		
7,2	9	8,1		
22,8	23	22,9		
31,2	18	24,6		
9,4	0	4,7		
13,8	19	16,4		
52,6	52	52,3		
294,8	291	292,9		-8,5
				rozdíl sumy a průměru P a M

V této tabulce 3.8 jsou shrnuty provedené statistické výpočty. Stejně jako u linky Cobalt jsem se rozhodl, že bude vhodnější, když vypočítám průměr získaných průměrů a mediánů. Zvýrazněná hodnota **292,9** je tedy průměrem průměru a mediánu celkových změřených časů. Hodnota **284** je potom součtem průměrů P a M jednotlivých operací. Tuto hodnotu budu dále používat pro Normování času. Takto jsem tedy zjistil průměrné časy potřebné na opravu jednotlivých specifikací přístrojů. Jejich souhrn je v tabulce 3.9.

Tab. 3.9: Souhrn průměrných časů potřebných na opravu v jednotlivých fázích opravy – individuální oprava

Typ přístroje →		6146	6100	6140
Demontáž + montáž	[s]	284	304	343
test - MT	[s]	775	256	946
test - LT	[s]	229	137	169
test - celkem	[s]	1005	393	1114
celkový čas na přístroj	[s]	1289	697	1457

3.7.1 Přírážky k průměrným časům

Podle vlastního rozhodnutí jsem vybral některé přírážky z tabulky 2.1 a to osobní potřeby – 5 %, základní únava ve směně – 4 %, monotónnost – 2,5 %, obtížnost – 1 %, pozornost – 2 % a duševní vypětí – 2 %. To dohromady dává 16 %. O tuto hodnotu zvýším průměrné časy v tabulce 3.9 a tím získám časy, které budu považovat za normu času pro dané specifikace přístrojů. Tato úprava je shrnuta v následující tabulce 3.10.

Tab. 3.10: normované časy potřebné na opravu daných typů přístrojů

Typ přístroje	6146		6100		6140	
	[s]	[min]	[s]	[min]	[s]	[min]
Čas v:						
Demontáž + montáž	329	5:29	353	5:53	398	6:38
test - MT	899	14:59	297	4:57	1097	18:17
test - LT	266	4:26	159	2:39	196	3:16
test - celkem	1166	19:29	456	7:36	1292	21:32
celkový čas na přístroj	1457	24:55	809	13:29	1690	28:10

3.8 Řízení

Podle definice DMAIC by mělo být náplní tohoto kroku následné monitorování změněného způsobu opravy. Mělo by se kontrolovat, zda změna přinesla požadované zkrácení doby potřebné k opravě přenosného počítače a zda se jinak změnili požadované parametry. Protože následné monitorování je z hlediska externího přístupu a časové náročnosti nemožné tak využiji tento krok ke srovnání vypočtených norem času linkové opravy a individuální opravy.

Tab. 3.11: Srovnání normovaných časů linky Cobalt a individuální opravy

Typ přístroje	linka Cobalt				Individuální				Rozdíl	
	6146		6100		6146		6100		6146	6100
Čas v:	[s]	[min]	[s]	[min]	[s]	[min]	[s]	[min]	[min]	[min]
Demontáž + montáž	461	7:41	541	9:01	329	5:29	353	5:53	2:12	3:08
test - MT	698	11:38	180	3:00	899	14:59	297	4:57	-3:21	-1:57
test - LT	143	2:23	130	2:10	266	4:26	159	2:39	-2:03	-0:29
test - celkem	841	14:01	310	5:10	1166	19:26	456	7:36	-5:22	-2:26
celkový čas na přístroj	1303	21:43	851	14:11	1457	24:55	809	13:29	-2:34	0:42

V této tabulce jsem srovnal normované časy oprav přístrojů řady 6146 a 6100 na lince Cobalt a na individuální opravě. Pro srovnání jsem vybral tyto dva typy přístrojů proto, že se je podařilo jako jediné změřit dostatečně při obou měřeních před a po změně. V této tabulce 3.11 je změna oproti tabulce 3.6, kde je normovaný čas pro montáž a demontáž na lince Cobalt zvlášť, proto jsem pro účel srovnání sečetl časy demontáže a montáže a uvedl je v této tabulce. Ve sloupcích rozdílů značí kladné hodnoty zkrácení času a záporné prodloužení.

Je patrné, že u obou typů přístrojů došlo ke zkrácení doby na demontáž a montáž. To je hlavně způsobeno tím, že byla operace čištění přesunuta na pracoviště testování. Zde je totiž ideální prostor pro tuto časově poměrně náročnou operaci během doby, kdy probíhají na přístroji testy nevyžadující zásah operátora. Tato změna koresponduje s nárůstem časů na testovacím pracovišti. V případě časů práce operátora = LT je tedy nárůst času odůvodněný, ale v případě strojového času = MT se projeví především vyšší časy na nahrávání a mazání testovacího softwaru a také samotný čas testu. To může být způsobeno novým testovacím softwarem, což je méně pravděpodobné. Nebo se v tomto případě projevila odlišná nastavení stejných druhů přístrojů. Přístroje mají totiž různá nastavení podle požadavků zákazníka a to by mohlo způsobit odlišné časy na testování. Další velmi pravděpodobnou příčinou delších časů je již zmíněné zařazení čištění na testovací pracoviště. Dříve měl operátor při testu lépe koordinovat své činnosti a během probíhajících testů nevyžadujících pozornost operátora stihl připravovat další přístroje. Zařazením čištění, ale dochází k větším prostojeům po skončení částí testování, kdy operátor dokončuje například čištění a nemá čas se věnovat dokončení testu.

I přes prodloužení času při přechodu na individuální opravu u přístroje s označením 6146 se domnívám, že celkově došlo k mírnému zkrácení časů a změřené delší časy byly způsobeny shodou náhod. Vzhledem k poklesu dodávek přístrojů k opravě je podle mne změna linkové opravy na individuální (buňkovou) dobrým optimalizačním krokem.

4 Závěr

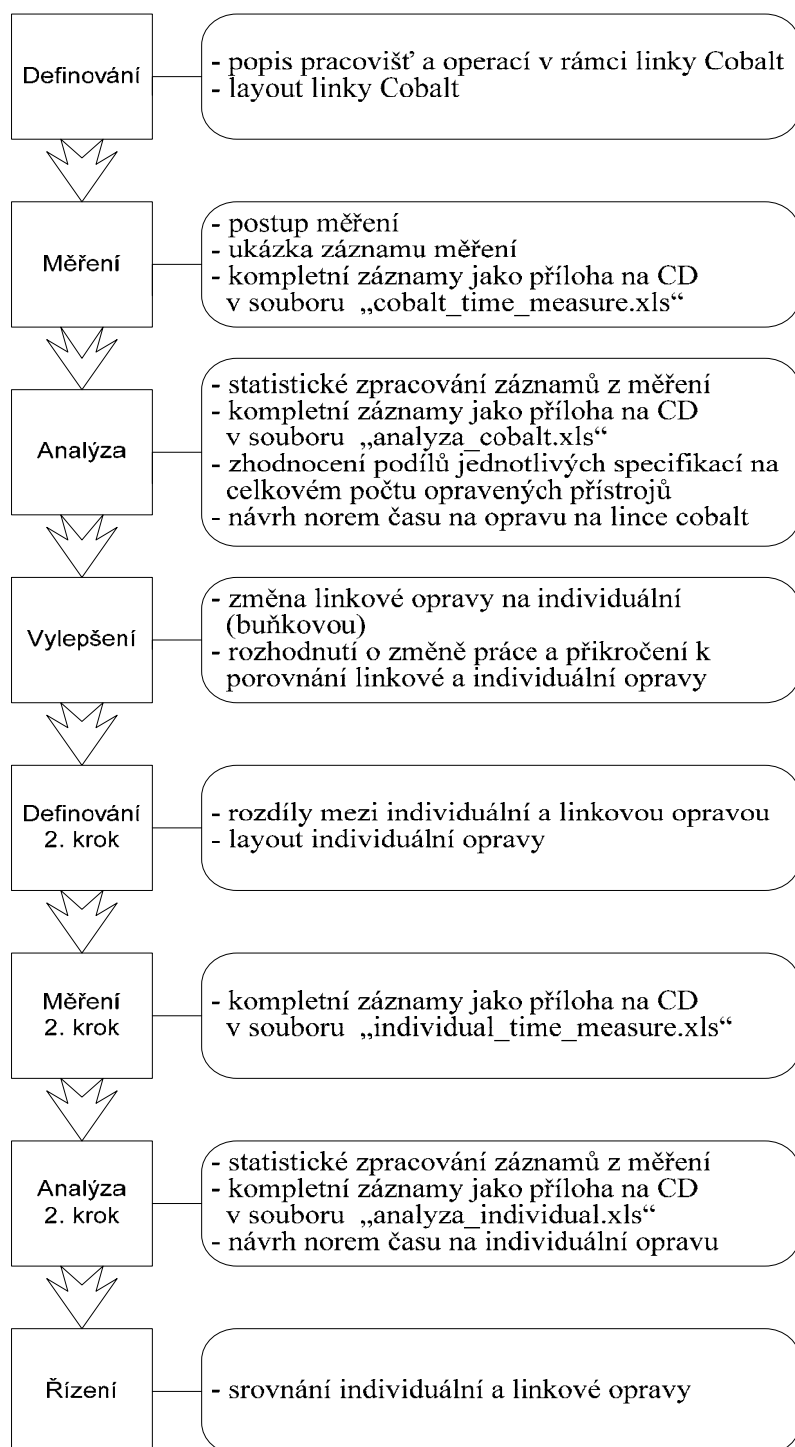
Tato práce se skládá z dvou hlavních částí. V první teoretické části práce, jsou uvedeny základní informace o lean six sigma a TOC. Detailněji jsou zaznamenány metody a postupy normování času a největší část je věnována modelu DMAIC, který je nástrojem six sigma. Protože je často obtížné poznat, který nástroj v které fázi modelu použít, je podle mne přínosem ilustrující příklad z kapitoly 2.3.2, který naznačuje jak postupovat a se kterým nástrojem. Další výhodou je přehled nástrojů v kapitole 2.5.

Druhá část je věnována praktickému použití modelu DMAIC. Jednotlivé vykonané kroky a příklady výstupů jsou shrnuty na obrázku 4.1. Časově nejnáročnější byly fáze měření a analýzy. Každá zabrala týden práce. U Měření to bylo pět pracovních dnů a k tomu asi dva dny na přepsání a utřídění změřených dat. Analýza zahrnovala statistické zpracování změřených časů. Nejprve jsem vypočítal průměry a mediány. Rozhodl jsem se ještě spočítat průměr těchto dvou hodnot, se kterým budu dále pracovat. Takto vypočítané průměrné hodnoty jednotlivých operací jsem sečetl a získal průměrnou dobu potřebnou k vykonání operací ve fázích opravy. Tyto hodnoty jsou shrnuty v tabulkách 3.4 a 3.9. Vynásobením těchto hodnot takzvanými přírážkami jsem získal normované časy potřebné na opravu daných typů přístrojů. Opět jsem tyto časy shrnul viz tabulky 3.6 a 3.10.

Změřit a srovnat některé typy přístrojů nebylo možné z důvodu nepravidelnosti dodávek přístrojů k opravám. Musel jsem měřit časy pro přístroje, které byly k dispozici v době mého měření. Doměření jindy bylo značně problematické, protože podmínkou měření bylo kontinuální měření několik dní v kuse. Proto jsem také musel měřit mimo dobu školní výuky na jaře 2007 v případě měření na lince Cobalt a před začátkem letního semestru v lednu 2008 pro měření na individuální opravě.

Cíle práce se i přes nutnou změnu postupu podařilo naplnit, protože jsem se celou dobu držel modelu DMAIC a postupoval v souladu s požadavky a návrhy firmy Motorola. Na následujícím obrázku 4.1 jsem shrnul kroky praktické části, které kopírují jednotlivé fáze DMAIC a jejich výstupy.

Výstupy



Obr. 4.1: Kroky praktické části práce a jejich výstupy

5 Použitá literatura

- [1] DILWORTH, J.B.: *Operations Management*. New York, McGraw-Hill Inc., 1992. ISBN 978-0394331034
- [2] NOVOTNÝ, R. ŘÍZENÍ JAKOSTI-Management jakosti produktů a procesů v organizaci. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2004. 150 stran. ISBN 80-214-2719-1
- [3] FIEDLER, R., FIEDLER, P. *Základy managementu jakosti*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1998. 106 stran. ISBN 80-214-1229-1
- [4] KIMBER, D. a kol. *Quality Management Handbook*. New York, 1998. ISBN 0-8247-9356-0
- [5] NENADÁL, J., NOSKIEVIČOVÁ, D. a kol.: *Moderní systémy řízení jakosti-Quality management*. Praha, 2005. ISBN 80-7216-071-6
- [6] <http://www.isixsigma.com/dictionary/glossary.asp> - dostupné 14. 2. 2008
- [7] <http://www.statsoft.cz/page/index2.php?pg=navigace&nav=9> - dostupné 14. 2. 2008
- [8] http://www.npj.cz/menu_infsyst_10/pojmy.asp?id=20 - dostupné 14. 2. 2008
- [9] <http://www.scacp.cz/default.aspx?od=sixsigma> - dostupné 15. 6. 2007
- [10] <http://www.ewizard.cz/logistika-slovník> - dostupné 15. 6. 2007
- [11] <http://podnikinfo.eu/podnikinfo/jakost/definice.aspx?sekce=5&menu=376>- dostupné 14. 2. 2008
- [12] <http://martin.feld.cvut.cz/~mach/Prednasky.pdf> - dostupné 15. 6. 2007
- [13] <http://www.ovitztaylor.com/SixSigmaGlossary.html> - dostupné 14. 2. 2008
- [14] http://www.bestpractices.cz/praktiky/six_sigma - dostupné 15. 6. 2007
- [15] <http://www.pyzdek.com/DMAICDMADV.htm> - dostupné 14. 2. 2008
- [16] <http://www.promodel.com/sixsigma.asp> - dostupné 15. 6. 2007
- [17] <http://www.pqm.cz/main.htm> - dostupné 15. 6. 2007
- [18] http://www.twinera.com/cz/index_soubory/Page608.htm - dostupné 14. 2. 2008