



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

REDUKCE NESHODNÝCH DÍLŮ METODIKOU SIX SIGMA VE FIRMĚ CCI

REDUCTION OF NON CONFORMITY PARTS IN A COMPANY CCI BY
PROCEDURE SIX SIGMA

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Petr HARÁK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Milan KALIVODA

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2011/12

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Petr Harák

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Redukce neshodných dílů metodikou Six sigma ve firmě CCI

v anglickém jazyce:

Reduction of non conformity parts in a company CCI by procedure Six sigma

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Představení zázemí společnosti CCI (produkty, kontrolní procesy). Teoretické pojetí metodiky 6 sigma. Začlenění ve firemním prostředí. Posouzení přínosů. Závěrečné zhodnocení.

Cíle diplomové práce:

Snížení procenta neshodných produktů ve společnosti CCI. Navržení a vyhodnocení přínosů z kontrolních procesů dle metodiky 6 sigma.

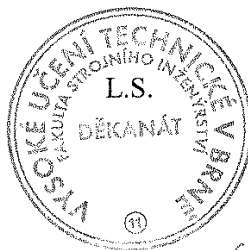
Seznam odborné literatury:

1. KOCMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. Technologie obrábění. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
2. ŠTULPA, Miloslav. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
3. KOCMAN, Karel. Speciální technologie obrábění. 3. vyd. Brno: VUT v Brně, Akademické nakladatelství CERM, 2004. 230 s. ISBN 80-214-2562-8.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Milan Kalivoda

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/12.

V Brně, dne 21.11.2011





prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu



prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

ABSTRAKT

Magisterská práce řeší problematiku neshodných komponent ve firmě CCI Czech Republic, s. r. o. se zaměřením na chyby při obrábění a označování dílců, které vedou k neshodě součástí s výrobní dokumentací. Cílem diplomové práce bude zavedení nápravného procesu, který povede k redukci vadných dílů. Výsledek se otestuje metodikou Six Sigma.

Klíčová slova

neshodné výrobky, ventil, obrábění, kontrola dílů, Six sigma, DMAIC

ABSTRACT

The dissertation deals point at issue of nonconforming components in CCI CR, Ltd., Special focus is on errors in machine cutting and in marking components, which lead to discrepancy of components with manufacturing documentation. The goal of dissertation is star-up a remedial process, which will reduce defective components. The result will be tested by the Six Sigma methodology.

Key words

nonconforming components, valve, machining, manufacturing parts checking, Six Sigma, DMAIC

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HARÁK, Petr. *Redukce neshodných dílů metodikou Six sigma ve firmě CCI*. Brno 2012. Magisterská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 60 s. 4 přílohy. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem magisterskou práci na téma **Redukce neshodných dílů metodikou Six sigma ve firmě CCI** vypracoval(a) samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....
Datum

Bc. Petr Harák

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji svému vedoucímu práce panu Ing. Milanu Kalivodovi za ochotu a podněty získané při konzultacích. Poděkování patří také všem pedagogickým pracovníkům z VUT Brno – Fakulty strojního inženýrství za cenné připomínky a rady při vypracování magisterské práce.

Dále chci poděkovat panu Ing. Petru Holáskovi, MBA a Davidu Provazovi za odborné konzultace a rady v řešené problematice. Děkuji i dalším pracovníkům firmy CCI.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH	7
ÚVOD	9
1 STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA SPOLEČNOSTI CCI	10
1.1 IMI International	10
1.2 CCI	10
1.3 CCI Czech Republic, s. r. o.	10
1.4 Organizační struktura	11
1.4.1 THP pracoviště	11
1.4.2 Výrobní pracoviště	12
1.4.3 Kontrolní úseky	13
2 METODA SIX SIGMA	15
2.1 Co to je Six Sigma	15
2.2 Historie metody	17
2.3 Aplikace metody Six Sigma	17
2.3.1 Identifikace klíčových procesů a klíčových zákazníků	18
2.3.2 Definice požadavků zákazníků	18
2.3.3 Sledování současné výkonnosti	19
2.3.4 Analýza možností zlepšení, jejich rozbor a uvedení zlepšení do praxe	19
2.3.5 Rozšiřování a další integrace systému metody Six Sigma ve firmě	20
3 MODEL DMAIC	21
3.1 Definovat	23
3.2 Měřit	25
3.3 Analyzovat	27
3.4 Zlepšit	29
3.5 Řídit	30
3.6 Příklad projektu úspěšného použití modelu DMAIC	31
3.7 Shrnutí modelu DMAIC	33
4 POPIS PROCESU VÝROBY A KONTROLY VE SPOLEČNOSTI CCI CZECH REPUBLIC, S. R. O.	34
4.1 Výrobky vyráběné ve firmě	34
4.2 Výrobky nebo povrchové úpravy vyráběné v kooperaci	34
4.3 Nakupované výrobky	35

4.4 Kontrola	35
5 ZAVEDENÍ METODY SIX SIGMA VE SPOLEČNOSTI CCI CZECH REPUBLIC, S. R. O.	37
5.1 Definovat	39
5.2 Měřit.....	40
5.3 Analyzovat	42
5.4 Zlepšit	44
5.5 Řídit	46
6 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ A PŘÍNOSY PO ZAVEDENÍ METODY SIX SIGMA	48
7 DISKUZE	49
Závěr.....	50
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	51
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	53
SEZNAM PŘÍLOH.....	55

ÚVOD

Ventily jsou rozšířenou součástí různých průmyslových ústrojí, strojů a zařízení (obr. 1). Dá se s nimi setkat v řadě průmyslových odvětví, jako je energetický, plynový, ropný a další průmysl.

Při výrobě tlakových ventilů se musí brát ohled jak na ekologii, tak na bezpečnost samotného ventilu. Každá součást ventilu a následně kompletovaný ventil prochází řadou kontrol a zkoušek, aby splňoval nejpřísnější normy požadované zákazníkem. Bezpečnost a spokojenost zákazníka je na prvním místě a firma CCI se tímto kodexem řídí.

Na základě zkoušek, které probíhají už před výrobou pomocí různých simulací a kontrol během výroby, se odhalují různé závady a nedostatky, které by mohly vést k nesprávné funkci nebo vadě. Ty by mohly zapříčinit i havárii ventilu, což je nepřijatelné.

Po daných operacích se provádí měření jednotlivých součástí, aby se neshoda s výrobní dokumentací odhalila včas a vzniklý problém se řešil. Na základě kontrol jsou odhaleny neshodné kusy. Ty se dělí na opravitelné a na neopravitelné. Neopravitelné, bez souhlasu zákazníka, nelze dále použít. Díly jsou odepsány a vyřazeny z procesu. To znamená výrobu nového dílu, což prodražuje a prodlužuje výrobu finálního ventilu.

Chyby při obrábění dílů jsou nedílnou součástí každé výroby. Snahou je, aby pochybení bylo co nejméně a výtěžky tak nestrádaly.

Ke snížení neshod se dá použít řada metodologií a nástrojů (Diagram rybí kosti, VA&VE, Kaisen). V této práci se snížení neshod bude řešit pomocí Six Sigma (6σ) modelem DMAIC.



Obr. 1 Ventily vyráběné v CCI.¹

1 STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA SPOLEČNOSTI CCI

Kapitola vysvětluje postavení firmy CCI Czech Republic, s. r. o. v nadnárodním koncernu a rozsah jejího podnikání.

1.1 IMI International

Vlastníkem² společnosti CCI je anglická nadnárodní korporace IMI International. Továrnu založil roku 1862 v Birminghamu George Kynoch. V roce 1962 dochází k přejmenování na dnešní IMI – Imperial Metal Industries. IMI patří např. firmy Norgren a Kloehe vyrábějící hydraulické a pneumatické systémy, firma Cornelius – dodavatel zařízení na výdej chlazených nápojů. IMI zaměstnává cca 14700 pracovníků ve více jak 35 zemích světa.

1.2 CCI

Společnost CCI³ vstoupila na průmyslový trh v roce 1961 jako přední světový poskytovatel řešení pro náročný provoz. CCI vyvíjí, konstruuje a vyrábí široký sortiment ventilů pro použití v energetice, ropném a plynárenském průmyslu a při výrobě papíru, celulózy pro závody po celém světě. Od roku 1967 se společnost prokazatelně osvědčila při řešení náročných zákaznických problémů při aplikacích ventilů s patentovanou technologií DRAG (příloha 1).

Během své více jak čtyřicetileté existence si společnost vysloužila výbornou pověst při řešení aplikací a problémů spojených s výrobou a montáží vysokotlakých ventilů pracujících v náročných podmínkách. Za tuto dobu získala cenné zkušenosti, které dále rozvíjí a nabízí svým zákazníkům.

Nárůst prodeje ventilů Sulzer a nové řídicí systémy zavedené v roce 1997 povýšily v roce 2001 CCI na vedoucí postavení na trhu. Tento růst umožňuje společnosti dostát svých závazků, vyhovět potřebám zákazníků na globální úrovni se zvýšenou úsporou nákladů a zkrácením dodacích lhůt.

Více jak 35% zaměstnanců tvoří lidé s vysokoškolským vzděláním. CCI využívá své pracovníky nejen k designové, inženýrské a technické podpoře, ale také v oblasti prodeje, řízení projektů, zajištění kvality, nákupu a výroby. Moderní závody se nacházejí v Kalifornii, Švýcarsku, Švédsku, Rakousku, České republice, Japonsku a Jižní Koreji. Takto rozmístěné pobočky zajišťují výrobní a servisní místa po celém světě.

1.3 CCI Czech Republic, s. r. o.

V České republice pobočka sídlí od roku 2004 a to v Brně. Z důvodů navýšení výroby a růstu firmy se výroba v roce 2009 stěhuje do nových prostor do CTP parku ve Šlapanicích. V závodě momentálně pracuje asi 520 zaměstnanců.

Vyrábí se zde tlakové ventily pro různá odvětví průmyslu. Nejčastěji pro elektrárny na tuhá paliva, vodní elektrárny, ropný průmysl atd. Dále jsou produkovány i náhradní díly na renovaci opotřebovaných částí ventilů.

Pobočka spolupracuje s dceřinými podniky CCI v Evropě, USA a Asii. Společně uspokojují požadavky zákazníků na celém světě.

1.4 Organizační struktura

V Brně je utvořena organizace s širokým rozpětím managementu. V praxi to znamená, že podnik řídí generální ředitel. Následují manažeři jednotlivých oddělení a další jim podřízení pracovníci rozdělení dle pracovišť, která vedou a řídí.

1.4.1 THP pracoviště

THP pracovištěm se rozumí pracoviště, kde pracují technickohospodářští zaměstnanci, tzn. nevýrobní.

Logistika – oddělení zajišťující převoz a sklad materiálu a výrobků, jejich evidenci, výdej atd. Stará se o chod skladů.

EHS – oddělení zabezpečuje ekologický provoz celého závodu a stará se o dodržování BOZP.

Řízení zakázek – pracovníci se na tomto oddělení starají o přidělené zakázky, o jejich plynulý výrobní proces, komunikují se zákazníkem a řeší případné nesrovnalosti např. ve výrobní dokumentaci a požadavcích.

Zadávání veřejných zakázek – zaměstnanci poptávají externí zajištění výroby, kooperace a nakupované díly. Komunikují se stálými dodavateli a vyřizují objednávky.

HR – oddělení zajišťuje nábor nových zaměstnanců, péči o stávající zaměstnance formou vyjednávání benefitů u firem poskytujících wellness a relax.

Finanční oddělení – eviduje veškeré finanční transakce, které firma realizuje.

IT oddělení – stará se o hardwarové a softwarové zajištění v celém podniku.

Plánování – zadává objednané zakázky s požadovanými náležitostmi od zákazníka do výroby. Plánuje časovou náročnost výroby.

Kvalita – zajišťuje odpovídající jakost výrobků, kontroluje materiálové certifikáty a protokoly u provedených operací, případně je vystavuje.

Design – oddělení řešící konstrukci ventilů a součástí, které jsou v nich obsažené. Zajišťují technickou dokumentaci.

Technologie – toto pracoviště je rozděleno na divize obrábění, svařování, montáž a CAD/CAM.

Obrábění: pracovníci zde tvoří technologické postupy na vyráběné dílce. Rozhodují o obráběcích strojích, nástrojích a řezných podmínkách. Dávají podnět pro nákup nových nástrojů pro další druhy výrobků. Nahrazují staré technologie výroby moderními, jde například o nové produktivnější nástroje nebo VBD. Tím šetří čas, peníze a zrychlují výrobu.

Svařování: odborní pracovníci vytvářejí svařovací postupy pro svařování dílů. Podle svařovaných materiálů a velikosti dílů volí pracoviště (svařovací box) a metodu svařování.

Montáž: pracovníci vytvářejí postupy, na jejichž základě se postupuje při kompletaci ventilů jako celku a určují podmínky, za kterých se ventil otestuje v testovací komoře.

CAD/CAM: programátoři produkují NC programy pro výrobní CNC obráběcí stroje.

Pod vedení technologie spadá i výdejna nástrojů, měřidel, ochranných prostředků a dalších nezbytných pomůcek pro strojírenskou výrobu. Výdejna udržuje stálou hladinu nejpoužívanějších výrobních prostředků, jako jsou VBD a vrtáky. Přes oddělení zadávání veřejných zakázek pracovníci výdejny objednávají nástroje a jejich komponenty a tím doplňují zásoby.

Výroba – oddělení zajišťuje a řídí chod výrobních složek firmy. Organizuje a dohlíží na práci na obrobně, svařovně, při montáži a balení.

1.4.2 Výrobní pracoviště

Mezi výrobní pracoviště patří především obrobna, svařovna a montáž. Příprava výrobků na expedici se provádí v sekci balení.

Obrobna – je největší pracoviště CCI. Zde se obrábí převážná většina dílů na moderních CNC strojích. Tyto stroje jsou doplněny staršími NC a klasickými stroji.

Strojový park tvoří:

- soustruhy GHT, DMG, Mazak, Mori Seiki,
- frézky Juaristi, Chiron, Haas,
- bruska BUC63NC.

Vyrábí se zde součásti typu hřídelů, přírub, pouzder a tvarové součásti. Obrábí se jak malé, tak velikostí rozměrné dílce. Jedná se převážně o kusovou výrobu.

Operátoři si jednoduší součásti programují ručně na stroji pomocí dialogového programování obsaženého v řídicím systému stroje. Na složitější a tvarově náročnější součásti, dodávají operátorům programy CAD/CAM programátoři z technologie.

Svařovna – na tomto oddělení se jednotlivé díly svařují. V CCI se svařuje metodami 111/SMAW (ruční svařování obalenou elektrodou), 141/GTAW (svařování netavicí se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu). Používají se zdroje a příslušenství od firmy Fronius.

Svařuje se zde také na svařovacím automatu metodou do úzkého úkosu. Tento automat se nazývá Hot Wire Automat.

Dále se CCI zabývá navařováním stellitů (Stellite 6; 21; 25), jedná se o tvrdonávary. Zařízení pro navařování stellitů je automat Hot Wire Automat a pro metodu svařování plazmou 152/PTA.

Metoda svařování se volí dle navrženého designu výrobku, dle typu úkosu, dle tloušťky základního materiálu atd.

Základní materiály tvoří převážně vysoce legované oceli na bázi chromu, molybdenu a niklu.

Přídavné materiály se volí na základě použitého základního materiálu a na základě metody svařování. Přídavné materiály používané v CCI jsou od firmy Böhler.

Po svařování se svařená součást žihá z důvodu odstranění nebo snížení vnitřního napětí, buď v žihacích pecích, nebo lokálně žihacími dečkami.

Montáž – na pracovišti dochází ke kompletaci ventilů a jejich částí. Pracovníci, dle stanovených postupů, sestavují ventil z vyrobených položek.

Po složení produktu následuje tlaková zkouška podle předepsaných parametrů odvíjejících se od daného ventilu a požadavků zákazníka.

Balení – příprava výrobků na expedici. Pracovníci ventil zabalí do dřevěných přepravních boxů, které jsou ve firmě přesně vyrobeny a sestaveny pro daný kus (jsou zhotoveny na míru). V boxu je ventil pevně ukotven a chráněn ochranným obalem proti posunutí a mechanickému poškození.

Ražení – jde o označování polotovárů a hotových součástí. Vyhotovuje se na předem stanoveném místě a obsahuje požadované identifikační údaje. Jde především o materiál a jeho tavbu, číslo průvodky, číslo zakázky a iniciály raziče, který ražení provedl. Tímto značením se eliminuje záměna součástí a informace o výrobku jsou rychle a snadno dostupné.

Ražení se provádí pistolí s naprogramovaným razníkem nebo ručně perem. U obou metod se pro pohon razníku používá stlačený vzduch. Razí se i klasickými raznicemi.

Součásti, které jsou velmi malé nebo jejichž funkční plochy nedovolují „mechanické poškození“ ražením, jsou opatřeny štítkem s potřebnými údaji.

1.4.3 Kontrolní úseky

Na těchto místech se realizuje měření a zkoušky výrobků. Pracoviště jsou rozdělena podle činností, které jsou na nich prováděny.

Vstupní kontrola – zde pracovníci přebírají především výrobky vyráběné v kooperaci a nakupované součásti. Provádí kontrolu dokumentace (dodací list, faktura, měřicí protokol, certifikáty). Změří vyráběné součásti, které potom uvolňují pro následující operaci v průvodce (technologickém postupu).

Mezioperační kontrola – na tomto pracovišti probíhá měření a kontrola dílů mezi operacemi. Mezi kterými určuje průvodka.

Zkouší se zde tvrdost surového materiálu, nebo součástí po tepelném zpracování. Měří se podle předepsané normy. Ta obsahuje materiál a název výrobku s příslušným rozmezím požadované tvrdosti.

Pokud je zapotřebí udělat analýzu materiálu, rozbor jeho složení, použije se k tomu PMI test. Zařízení vyhodnotí obsah jednotlivých chemických prvků obsažených v materiálu a z knihovny přiřadí odpovídající materiál tomuto chemickému složení.

K fyzickému měření se na těchto dvou pracovištích používají běžná měřidla – posuvná měřítka, hloubkoměry, číselníkové úchylkoměry, třídotekové dutinoměry, mikrometry, závitové mikrometry, profiloměry, koncové měrky, závitové kalibry, závitové kroužky, válečkové kalibry, digitální výškoměry, atd.

NDT kontrola – zde se jedná o nedestruktivní metody zkoušek a testování materiálů, hotových výrobků a svarů. Nedestruktivní znamená, že na testovaném objek-

tu zkouška nezanechá žádné stopy po jejím provedení a výrobek je dále použitelný.

V CCI se provádějí zkoušky⁴:

- vizuální kontrola: nejjednodušší optická kontrola povrchových vad lidským okem nebo za pomoci např. endoskopu.
- kapilární (penetrační) zkouška: zjišťují se jí povrchové vady jako trhliny, póry. Vady musí být otevřené povrchu. Na zkoumaný očištěný povrch se nanese detekční tekutina (petrolej). Nechá se určitý čas působit a poté se přebytek setře. Nanese se vývojka (suspenze bílého pigmentu v těkavé látce). Ta vytvoří na povrchu tenkou bílou vrstvu a napomáhá vzlínat detekční kapalině, která vývojku zbarví v místě případného defektu.
- elektromagnetická zkouška: odhalují se jí povrchové vady a vady těsně pod povrchem testovaného dílu na základě magnetické a elektrické indukce.
- zkouška ultrazvukem: jedná se o zkoušku na odhalování vnitřních (skrytých) vad, měření rozměrů, např. tloušťky stěny u odlitků. Do zkoušeného materiálu jsou pouštěny akustické vlny o určité vlnové délce. Touto zkouškou lze prokázat jen takovou vadu, jejíž příčné rozměry kolmé na směr šíření vlnění jsou větší než poloviční délka vlny. Rozeznávají se tyto metody: průchodová, odrazová, rezonanční a zviditelnění vnitřních vad.
- radiologické zkoušky: odhalují skryté vady u odlitků a svarů pronikavým rentgenovým zářením. Spočívá na schopnosti pronikavého záření procházet zkoušeným materiálem a na účinku prošlého záření na citlivou vrstvu fotografického materiálu. Při průchodu materiálem dochází k různému zeslabení záření podle tloušťky stěny nebo rozdílných specifických hmotností nehomogenit (výskyt vad). Toto se zobrazí na snímku.

Kontrola na svařovně – provádí vizuální kontroly svarů, PMI testy a rozměry dílů po svaření.

Kontrola na montáži – finální kontrola ventilů jako celku. Dohlíží na montáž jednotlivých dílů do celku. Kontrola dílů k zakázce. Zaznamenávají průběh tlakových zkoušek. Kompletují výrobní dokumentaci a přezkoumávají její kompletnost.

Kryogenní testování – zde se ventily testují ve speciálních komorách za extrémních podmínek. Ventil se v kontejneru usadí a instaluje podobně, jak tomu bude u zákazníka v provozu. Poté se komora hermeticky uzavře a prostor s ventilem se ochlazuje pomocí tekutého dusíku na teploty, ve kterých ventil v budoucnu bude pracovat. Při dosažení potřebné teploty se ventil uvede do provozu. Tak se odzkouší jeho funkčnost a předejde se případným problémům v provozu.

Zaměstnanci v CCI jsou školeni na jednotlivé zkoušky a prováděné kontroly. Jedná se především o NDT a Kryo pracovníky. Tito pracovníci po složení testů dostávají certifikát uznávaný v celé Evropské unii a mohou provádět tyto zkoušky a kontroly.

2 METODA SIX SIGMA

Kapitola popisuje charakteristiku metody a důvody jejího použití při redukci nešhodných dílů.

2.1 Co to je Six Sigma

Existuje⁵ celá řada pohledů, co „Six Sigma“ vlastně je. Medii je často označována jako vysoce technologická metoda zaváděna pracovníky a statistiky k doladění výrobků a procesů. To je částečná pravda. Měření a statistika jsou hlavní částí zlepšování obsažené v metodě Six Sigma, nejsou však jediné.

Jiná definice metodu popisuje jako cíl úplného pokrytí všech očekávání zákazníků. Také toto je přesný popis. V realitě je termín „Six Sigma“ (šest sigma) odvozen od módu řízení procesu. Úroveň kvality (tab. 2.1), kterou metoda vykazuje je menší jak 3,4 vad na jeden milion příležitostí, což odpovídá efektivitě 99,9997%. Je to cíl, kterého dosáhlo pouze několik společností a procesů.

Tab. 2.1 Úroveň kvality metody Six Sigma.⁶

Sigma	ppm	Efektivita[%]
1	690 000	31
2	308 000	69,2
3	66 800	93,32
4	6 210	99,379
5	230	99,977
6	3,4	99,9997

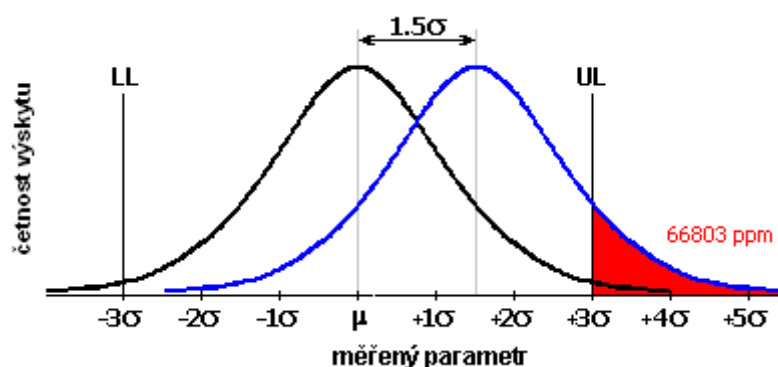
Další možností definice Six Sigmy je, že mění firemní kulturu s cílem dosahovat kvalitnějšího uspokojování zákaznických potřeb, vyšší ziskovost a konkurenceschopnost. Příkladem je zavedení metody u společností General Electric a Motorola, kde je změna firemní kultury programem Six Sigma silně ovlivněna. Je ovšem možné zavést metodu i tak, aniž by bylo nutné podniknout „frontální útok“ na stávající firemní kulturu.

Jestliže definice měření, cíl a změna kultury nejsou dostačující, jaká je tedy ta správná definice? Na základě zkušeností a příkladů vzrůstajícího počtu společností, které metodu zavedly, byla sestavena tato definice. Ta představuje metodu Six Sigma jako flexibilní nástroj k zvyšování výkonnosti podniku:

„Metoda Six Sigma je úplný a flexibilní systém dosahování, udržování a maximalizace obchodního úspěchu. Six Sigma je zejména založena na porozumění potřeb a očekávání zákazníků, disciplinovaném používání faktů, dat a statistické analýzy a na základě pečlivého přístupu k řízení, zlepšování a vytváření nových obchodních, výrobních a obslužných procesů.“⁵

Tato definice bude základem pro přiblížení potenciálu metody Six Sigma. Způsob interpretace je mnohoznačný, neboť mezi prokázané přínosy metody lze zařadit různé výsledky:

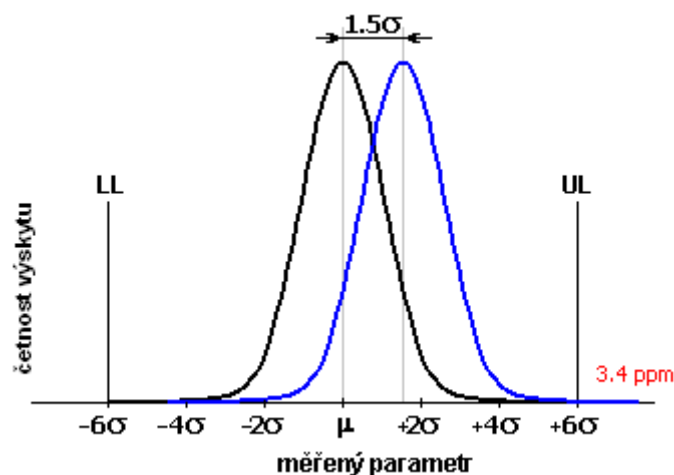
- zvyšování příjmů,
- redukce nákladů,
- zkrácení dodací doby,
- redukce zásob,
- nárůst spokojenosti zákazníka,
- nárůst produktivity,
- redukce vad atd.



Obr. 2.1 Posun střední hodnoty μ o $1,5\sigma$ na úrovni 3σ .⁷

Ve strojírenství⁷ se obvykle považoval výrobní proces za uspokojivý na úrovni 3σ . Vlivem mnoha faktorů (chybné seřízení, opotřebení nástrojů, chyba obsluhy, atd.) dochází v průběhu času k posunu střední hodnoty charakteristiky procesu. Běžný je posun o $1,5\sigma$ od ideální hodnoty (obr. 2.1). To na úrovni 3σ představuje zao-krouhleně 66 800 vad na 1 000 000 příležitostí. Což už je nepřijatelná hodnota.

Z těchto důvodů se zavádí pro posuzování kvality procesů moderní metoda Six Sigma. Konceptí metody je dosáhnout takového cíle, že střední hodnota charakteristiky procesu je vzdálena 6σ od horní i spodní meze (obr. 2.2). Při takto uzpůsobeném výrobním procesu je i při předpokládaném posunu střední hodnoty o $1,5\sigma$ dosaženo 3,4 vad na 1 000 000 příležitostí.



Obr. 2.2 Posun střední hodnoty μ o $1,5\sigma$ na úrovni 6σ .⁷

Sigma (σ) určuje pole rozdílů v daném procesu. Cílem metody Six Sigma je tedy tyto rozdíly zužovat a dosahovat tak co nejstříhlejší výsledné křivky, která má možnost posunu v podobě střední hodnoty μ mezi mezními hodnotami, aniž by došlo k překročení stanovených mezí.

Další modely⁶ Six Sigmy:

- DMAIC – model Six Sigma zaměřený na proces řízení,
- DFSS, SSPD – nejnovější metodiky v Six Sigma,
- DCDOC, CDOC – jsou podobné základnímu cyklu DMAIC,
- DMADV – metodika zaměřená na proces vývoje.

Zkratky jsou odvozeny od počátečních písmen jednotlivých anglických slov, ze kterých se proces metodiky skládá. V této práci je použita metodika DMAIC a význam jednotlivých písmen bude vysvětlen další kapitole.

Pro statistické řešení Six Sigmy se používá řada softwarů např. Minitab, JMP, MS Excel a další. V této práci bude využito MS Excelu k výpočtům a statistikám.

Na projektu⁸ Six Sigma pracuje jeden Black Belt a několik Green Beltů, případně Yellow Beltů. Jde o členy týmů, kteří složili pro danou kvalifikaci zkoušky a obhájili svůj projekt. Poté získali certifikát, který potvrzuje jejich znalost nástrojů a postupů metody. Držitel je schopen využívat účinných prostředků a účastnit se projektů na zlepšování procesů.

2.2 Historie metody

Koncept⁸ pro Six Sigma vynalezl v roce 1986 Bill Smith (1929-1993). Poprvé ji ověřil ve firmě Motorola k posuzování kvality na základě měření směrodatných odchylek proměnlivosti procesů. Hodnotil kvalitu na základě výrobního procesu, ne na základě výrobků. Vypracoval celou metodologii na struktuře DMAIC. Nový přístup zlepšování procesů byl ředitelem Motoroly Bobem Galvinem uznán a podporován. Stal se stěžejní filozofií Motoroly.

Původní myšlenky byly dále rozpracovány. Dnes tvoří systém, který je zařazen do organizace. Dále je rozvíjen a je schopen přizpůsobit se novým poznatkům a zkušenostem s řízením procesů.

V roce 1995 zavádí Six Sigma Jack Welch v General Electric a zdařilou implementací dokazuje, že Six Sigma může být neobyčejně prospěšná i v oblasti služeb.

V současnosti lze nalézt mnoho úspěšných aplikací metody v nejrůznějších oblastech průmyslu i služeb. Velká většina zavedených aplikací přináší firmám obrovské úspory.

2.3 Aplikace metody Six Sigma

V této kapitole⁵ bude rozebrán způsob, jakým by se měla metoda do podniku zavést, aby bylo dosaženo zlepšení. Podrobně bude představeno pět základních kroků:

1. *„identifikace klíčových procesů a klíčových zákazníků,*
2. *definice požadavků zákazníků,*
3. *sledování současné výkonnosti,*
4. *analýza možných zlepšení, výběr a uvedení zlepšení do praxe,*
5. *rozšiřování a integrace systému metody Six Sigma v podniku.“*⁵

Návod s pěti kroky, který bude nyní představen, není jediný, který vede ke zlepšení. Kroky můžou měnit pořadí nebo se bude začínat s několika z nich zároveň. Toto řešení vykazuje následující výhody:

- porozumění oboru podnikání a propojení procesu se zákazníkem,
- lehčí rozhodování o procesu, který povede k plnému využití metody Six Sigma a následnému zlepšení,
- zkrácení délky procesů,
- přesnější a průkaznější doložení zisků (peněžních, odstranění vad),
- výkonné zvyšování výsledků.

Veteráni metody Six Sigma by považovali tento návod zavádění metody za ideální. Návod se osvědčil u mnoha firem v jejich projektech, a proto je v této podobě šířen k dalším zájemcům o zlepšení procesů v jejich podnicích.

2.3.1 Identifikace klíčových procesů a klíčových zákazníků

Podnikání se stává globálnější, zákaznické požadavky přesněji definované, produkty jsou rozmanitější. Tato fakta zapříčiňují obtížnější určení celkového obrazu prováděných procesů. Je zapotřebí pochopit širší strukturu podnikatelského prostředí a jednotlivým detailům bude porozuměno.

Postupy, popsane níže, se aplikují nejen na celý podnik, ale i na jeho části. Dokonce i jednotlivá oddělení sloužící vlastním zaměstnancům (např. HR oddělení) mají své vlastní procesy, které napomáhají dodání přidané hodnoty konečným zákazníkům.

Cíl: pochopení nejproblematictějších částí, které brání správné funkci firmy a jejímu vztahu se zákazníky.

Způsob dosažení: vytvoření seznamu potřebných úkonů rozvádějících tyto položky: klíčové a užitek přinášející procesy, produkty poskytované zákazníkům a probíhající procesy v podniku.

První krok ukazuje, že podnik by měl tvořit jeden celek a lidé v něm by měli spolupracovat a společně jít za cíli stanovenými managementem společnosti.

2.3.2 Definice požadavků zákazníků

Jedná se o jednu z nejdůležitějších a nejnáročnějších věcí. Jde o to, aby byl zákazník pochopen a bylo mu ve všech bodech porozuměno. Proto je důležité od zákazníků získat co nejvíce užitečných informací a ty implementovat v podniku při aplikaci metody Six Sigma.

Cíle: sledování výkonností, měření efektivity, zavedení sběru dat jsou nástroje, pomocí kterých se dosáhne spokojenosti zákazníka.

Způsob dosažení: kompletní popis faktorů, které ovlivňují spokojenost zákazníka a to ve dvou stupních:

1. výstupní požadavky, které souvisí s konečným produktem a jsou zákazníkem přímo vnímány,
2. obslužné požadavky popisují komunikaci a vzájemnou interakci mezi firmou a zákazníkem.

Je těžké dodat zákazníkům užitnou hodnotu, pokud nejsou známy jejich požadavky. Z těchto důvodů je zapotřebí získat co nejvíce informací od zákazníka a naslouchat jeho požadavkům.

2.3.3 Sledování současné výkonnosti

Druhý krok stanovuje požadavky zákazníka. Třetí krok se zabývá změřením úspěšnosti firmy s těmito požadavky a předpoklad, jak se s nimi firma vyrovná v budoucnosti.

Systémy měření by měly zachycovat údaje o výkonnosti vnitřních procesů (např. nákladová cena na výstupu, spotřeba materiálu, cena předělávek atd). Je možné mít spokojené zákazníky a zároveň neefektivní procesy. Což je nevýhodná situace.

Cíle: posouzení výkonnosti všech procesů s ohledem na přání zákazníka, kontrola nejdůležitějších výstupů.

Způsob dosažení: základní měření, měření způsobilosti procesů, systémy měření – nové nebo modernizované způsoby.

Stanovení výkonnosti vzhledem k potřebám zákazníka by mělo být viditelné. Dalšími výhodami tohoto kroku jsou:

1. založení a zdokonalování měřicí infrastruktury – průběžné pozorování odchylek ve výkonnosti a rychle na ně reagovat,
2. určení priorit a přiřazování zdrojů – podklady získané z měření slouží k rozhodování, kde a jak provést urgentní zlepšení,
3. volba nejvhodnějších strategií vedoucích ke zlepšení – přesné hodnoty výkonnosti procesů odhalí skutečné nedostatky v efektivitě podniku,
4. skloubení slibů a výrobních možností – firma by neměla slibovat to, co nemůže splnit.

2.3.4 Analýza možností zlepšení, jejich rozbor a uvedení zlepšení do praxe

Se zjištěnými fakty a naměřenými hodnotami začíná čtvrtý krok a začne se plně využívat výhod metody Six Sigma.

Cíle: najít možnosti zdokonalení, uvést nové procesy, dosáhnout tak měřitelných a udržitelných hodnot.

Způsob dosažení: priority zlepšování, zdokonalení stávajících procesů, zavedení nových procesů, které uspokojí nastávající poptávky, zavedení dalších technologií.

Jedná se o zdokonalení obchodních procesů. Vhodné zvolení priorit zlepšení a nezatěžování firmy velkým počtem činností, které nemůže začlenit do procesu, vede k úspěchu metody Six Sigma. Důležitost zlepšovacích metod uskutečněných v tomto kroku vede ke snížení nebo odstranění defektů, vad a vylepšení efektivnosti procesů. Techniky a nástroje metody Six Sigma se využívají při řešení velkých problémů, ale i znatelně snazších nedostatků.

2.3.5 Rozšiřování a další integrace systému metody Six Sigma ve firmě

Nejlepších hodnot zlepšení pomocí metody Six Sigma nelze dosáhnout jen přílivem zlepšovacích projektů, ale pouze dlouhodobou povinností důsledně plnit a neustále rozšiřovat metodu Six Sigma v celé firmě.

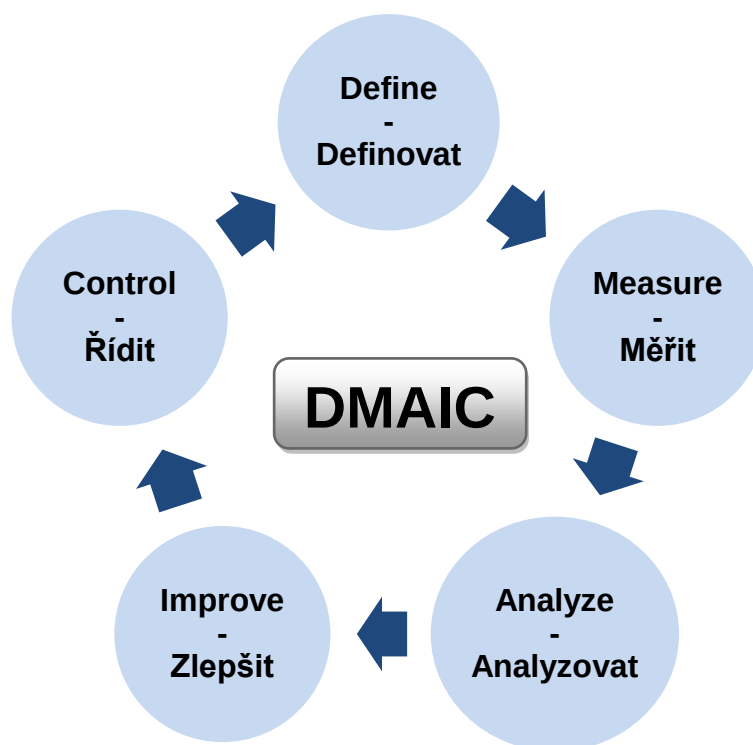
Cíle: zavádět podnikové praktiky vedoucí ke zlepšení a jejich neustálý monitoring, přezkoumávání a obnova produktů, postupů a dalších položek ve výrobním procesu.

Způsob dosažení: kontrola a měření procesů, dohled a jejich řízení, zpětná vazba a rychlá reakce na nové podstatné informace, aby zavedení metody Six Sigma bylo pochopeno jako vyspělost a výjimečnost firmy oproti konkurenci, kde metoda zavedena není.

V předešlých pěti krocích byl nastaven sled procesů a úkonů, které se musí stále obnovovat, vylepšovat, kontrolovat a měřit. Tím se dosáhne předem stanovených cílů a očekávání od metody Six Sigma.

3 MODEL DMAIC

Model⁹ se jmenuje podle začátečních písmen jednotlivých anglických slov vyjadřujících podstatu modelu. DMAIC tedy znamená Define – Measure – Analyze – Improve – Control. Přeloženo do češtiny Definovat – Měřit – Analyzovat – Zlepšit – Řídit. Jedná se o koloběh těchto kroků, dokud není splněn cíl zlepšení (obr. 3.1).



Obr. 3.1 Cyklus DMAIC.

Model DMAIC prokázal, že je jedním z účinných nástrojů k řešení problémů, protože nutí tým, aby využíval data pro:

- ověření charakteru a rozměru problému,
- vymezení konkrétních příčin problému,
- nalezení řešení, která jsou propojena s příčinami,
- zavedení postupů pro udržení řešení i po ukončení projektu.

Než tým započne svoji činnost, vyberou manažeři v rámci výběrové procedury projekty, na které chtějí implementovat DMAIC. Champion (vrcholový vedoucí pracovník) pomůže příslušnému vedoucímu týmu přichystat návrh zakládací listiny projektu, tzv. Project Charter. Tento Project Charter slouží k dokumentování cílů, kterých má být dosaženo. Dokument obsahuje základ projektu. Uvádí se v něm to, čeho by měl tým dosáhnout, složení týmu a role jednotlivců, časový harmonogram a další důležité informace. Project Charter, který obdrží projektový tým, je pouze návrhem. Od týmu se očekává, že dokument doladí, až se úkolem začnou podrobně zabývat. Tým může zjistit určité informace, které by vedly k přehodnocení obsahu dokumentu. V průběhu projektu musí být Project Charter neustále týmem brán jako původní listina s požadovanými cíli. Dokument může mít více podob, ale většinou obsahuje následující údaje (tab. 3.1).

Tab. 3.1 Project Charter.⁹

Project Charter

Název projektu:

Popis:

Okolnosti:

V rámci projektu:

Cíle:

Předpoklady:

Jiné přínosy:

Role	Jméno	Úvazek	Začátek	Konec
Champion				
Black Belt				
Green Belt				
Člen týmu				
Člen týmu				
Člen týmu				

Proces DMAIC je zpravidla charakterizován jako strukturovaný model založený na shromážděných datech a klade důraz na řešení problému. Vyznačuje se těmito faktory:

- realizovat dané kroky ve stanoveném pořadí,
- shromažďovat data takřka v každé části procesu k usnadnění rozhodování,
- ověřit, že zvolené řešení opravdu odstraní původ problému.

V následujících kapitolách bude podrobně popsán model DMAIC po jednotlivých fázích.

3.1 Definovat

V první fázi procesu DMAIC se tým dohodne, čím se bude projekt zabývat. Bude postupovat podle následujících kroků:

- projednání plánu projektu v týmu,
- získání dat,
- přezkoumání současných dat o procesu nebo problému,
- vytvoření mapy procesu,
- sestavení rozvrhu a instrukcí pro členy týmu.

V čem tyto věci pomáhají:

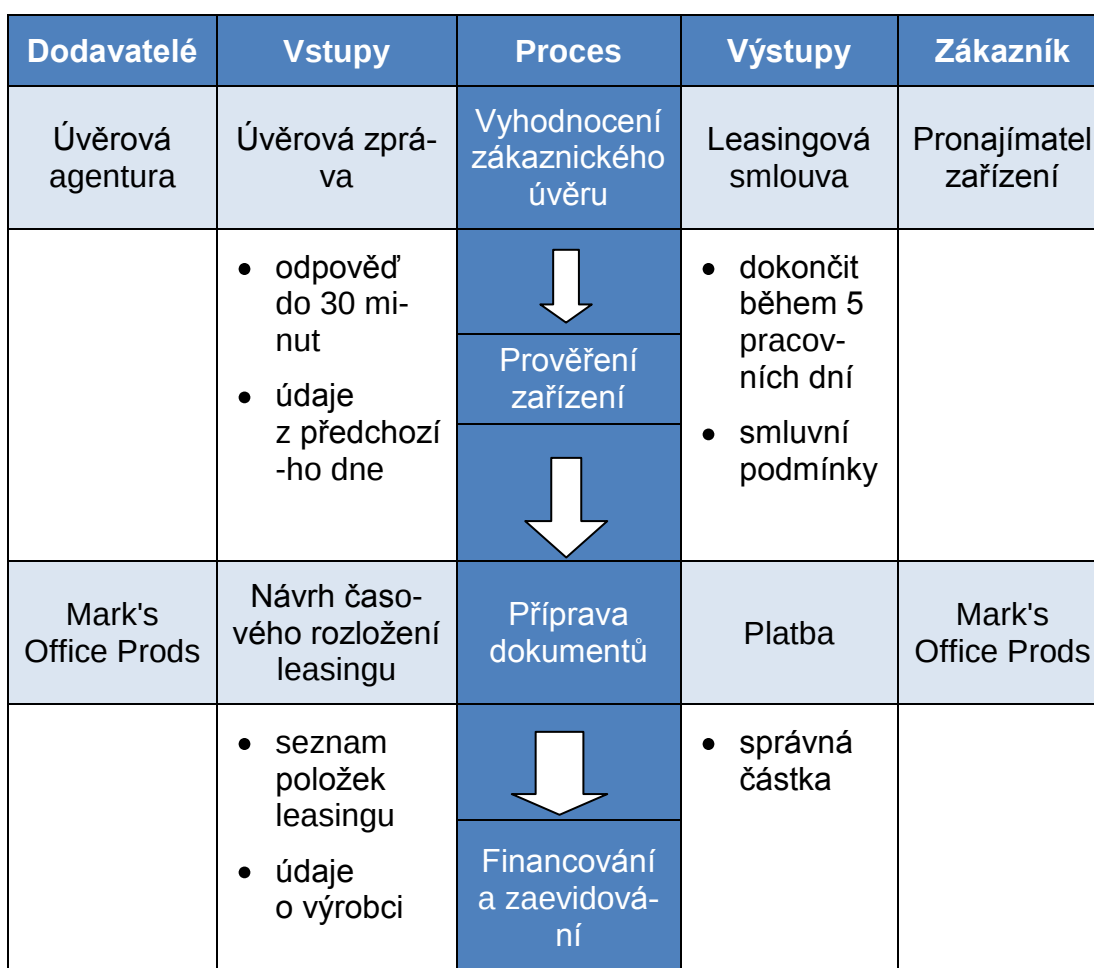
- rozvinout kolektivní chápání firemních priorit v projektu; dosáhnout společného týmového názoru na řešený problém,
- prokázat příležitost, to znamená potvrdit, že problém, který je řešen, je opravdovou příležitostí; upřesní se tak stanovené cíle,
- přispět k dohodě o realistické velikosti projektu,
- určit způsob měření úspěšnosti projektu,
- vytvořit úspěšný tým; složit tým tak, aby se v něm jeho členové cítili dobře a spolupracovali na zlepšení.

Nástroj č. 1 SIPOC diagram:

V metodě Six Sigma se neshody mohou vázat ke všemu, s čím je firma nebo zákazník nespokojený, např. dlouhá doba realizace, špatná jakost nebo vysoké náklady. Problém, který se začne řešit, by se měl prozkoumat z pohledu procesu firmy i požadavků uspokojení zákazníka. K vytvoření mapy procesu pohledu z vyšší úrovně se používá diagram SIPOC. Tato zkratka vyjadřuje:

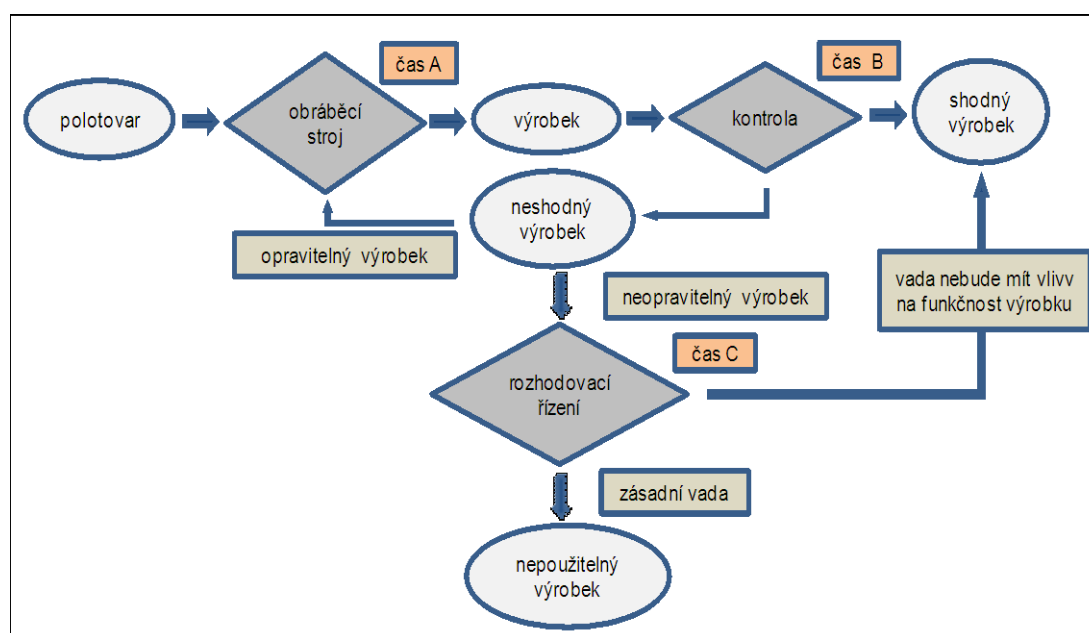
- **Suppliers** – dodavatelé: firmy dodávající produkty, které se v procesu zpracovávají (materiál, nástroje, informace),
- **Input** – vstup: dodané informace, materiál atd.,
- **Process** – proces: kroky vedoucí k vykonání práce,
- **Output** – výstup: výrobek, služba nebo informace poskytované zákazníkům,
- **Customers** – zákazníci: koneční zákazníci.

Ukázka diagramu SIPOC (obr. 3.2). V tomto případě tým řeší chyby v objednávkách a příslušných fakturách v podniku nabízejícím vybavení na leasing. Tým vytvořil SIPOC diagram, aby vymezil základní části procesu, který má zkoumat.

Obr. 3.2 SIPOC diagram.⁹Nástroj č. 2 Mapa toku hodnoty:

SIPOC diagramy přinášejí zjednodušený pohled na proces a jsou přínosné zejména pro vizuální obraz základních kroků zkoumaného procesu. Pokud týmu nestačí SIPOC diagram, můžou zvolit podrobnější mapu procesu. Tento podrobnější diagram se nazývá mapa toku hodnoty – value stream map. Mapa znázorňuje, jak tok procesu, tak reálná data z procesu. Tímto týmu napomáhá k určení přesného místa výskytu neshod.

Mapa toku hodnoty (obr. 3.3) zobrazuje tok výroby dílů. Kosočtverce znázorňují úkony, kterými výrobek prochází a časy, které jsou k tomu zapotřebí. Pokud je výrobek vyroben dle výkresové dokumentace, bude se čas vynaložený na výrobu rovnat hodnotě $A+B$. Pokud se na výrobku vyskytnou opravitelné vady, tak výrobek znovu putuje na obráběcí stroj a na kontrolu. Tím se výroba protáhne o čas nutný na opravu výrobku a jeho následnou kontrolu. Je-li výrobek neopravitelný, proběhne rozhodovací řízení o vadě, kterou obsahuje. Nemá-li vada vliv na funkčnost výrobku a zákazník ji akceptuje, je tento výrobek označen jako shodný. Pokud by vada měla vliv na funkčnost, je výrobek nepoužitelný. Rozhodovací řízení opět protahuje celý proces.



Obr. 3.3 Mapa toku hodnoty.

3.2 Měřit

Měření dělá metodu Six Sigma funkční tam, kde jiné přístupy selhaly. Pokud se neprovádí sběr dat, tak výsledky zlepšení budou pravděpodobně krátkodobé nebo se vůbec neprojeví. Kombinace posbíraných dat se znalostmi a zkušenostmi je to, co přináší opravdové zlepšování. V této fázi se bude řešit:

- hodnocení stávajícího systému měření – zlepšovat ho,
- pokud systém měření není zaveden, tak ho navrhnout a zavést,
- sledování procesu,
- sbírání dat,
- podrobnější sledování procesu.

Tyto činnosti jsou důležité pro:

- přesnost sesbíraných dat a důvěra v jejich přesnost, protože na nich se bude stavět proces zlepšení,
- rozhodnutí na základě faktů a skutečnosti,
- zaznamenávání informací o procesu – co se v nich ve skutečnosti odehrává,
- vystižení toho, co je důležité zlepšit.

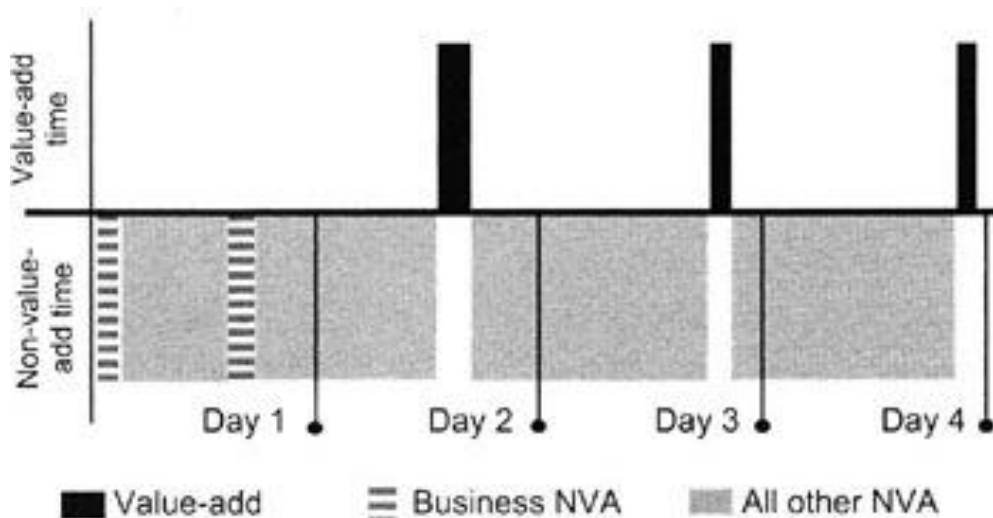
Nástroj č. 1 Pozorování procesu:

Dříve než se proces začne mapovat a dokumentovat, je důležité ho pozorovat a sledovat, co se v něm doopravdy děje.

Nástroj č. 2 Mapa hodnoty času:

Mapa hodnoty času – time value map pozoruje rozvržení času v procesu. Graf se skládá z časové osy se sloupci, které znázorňují práci. Práce nabývá dvou hodnot, a to přidávající hodnoty v očích zákazníka a hodnoty, která nic nepřidává. Na obrázku (obr. 3.4) znázorňují černé sloupce přidávající hodnoty, čárkované sloupce znamenají práce, které nejsou pro zákazníka zajímavé, ale jsou nutné

v procesu. Jde například o evidenci. Tyto čárkované sloupce se řadí mezi zbylé sloupce a označují plýtvání.

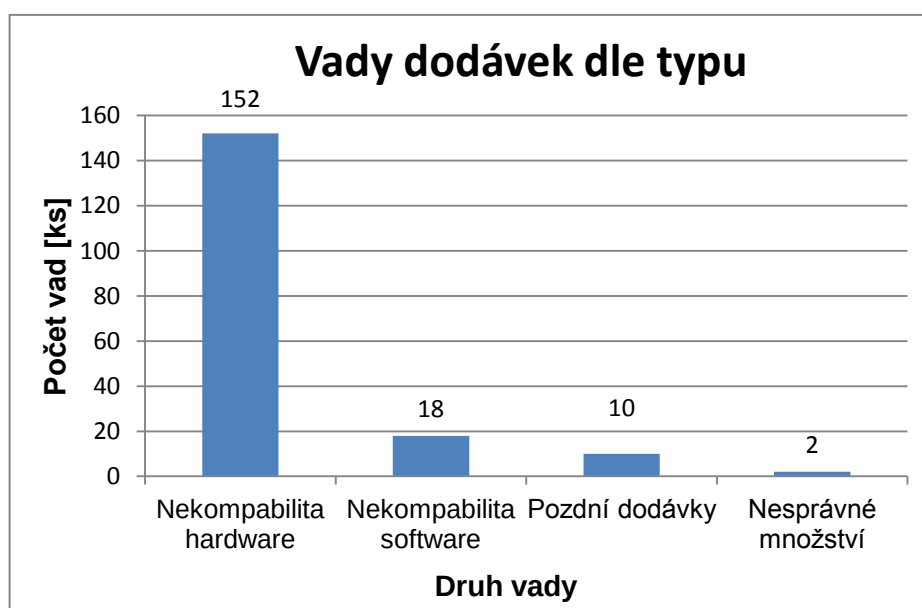


Obr. 3.4 Mapa hodnoty času.¹⁰

Nástroj č. 3 Paretovy diagramy:

Mnoho úsilí o zlepšení ztroskotalo z důvodu, že lidé prováděli obecné změny zaměřené na obecné problémy. V modelu DMAIC je vše založeno na nastrádaných datech, která určují konkrétní příčinu problému.

Nejlépe se tyto problémy zobrazí v Paretově sloupcovém diagramu, pojmenovaném podle italského ekonoma Pareta. Každý sloupec v grafu znázorňuje jinou část problému. Výšky sloupců představují, jak moc problém závisí na dané příčině – čím vyšší, tím větší problém. Sloupce jsou uspořádány sestupně. Většinou bude několik počátečních sloupců vysokých a ostatní nízké. Pro vyřešení problémů je tedy nutno začít s těmi nejvyššími.



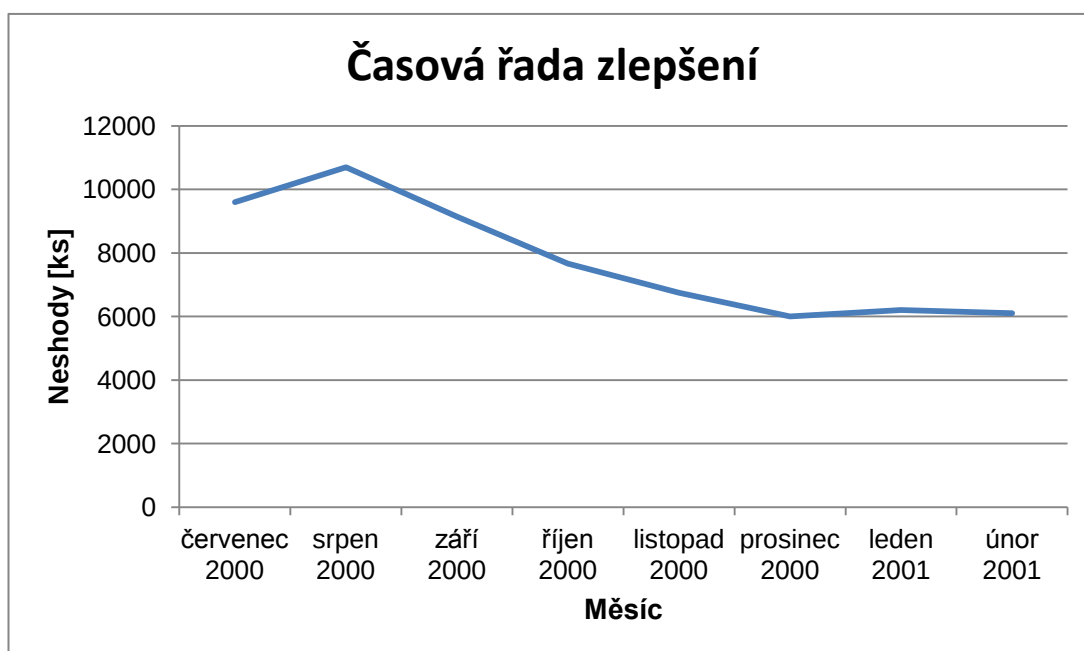
Obr. 3.5 Vady dodávek dle typu – Pareto.⁵

Na obrázku (obr. 3.5) je pro příklad zobrazen Pareto diagram znázorňující vady dodávek dle typu dodávky. Nejvíce vad je v dodávce hardwaru. Jedná se o záměnu hardwarových součástí, např. mikroprocesory, adaptéry atd.

Nástroj č. 4 Časové řady:

Jsou též nazývány průběhové diagramy. Datové oddíly jsou v tomto grafu zobrazeny podél časové řady. V modelu DMAIC jsou významné zejména:

- velmi jednoduché a rychlé vytvoření grafu,
- snadné čtení dat z grafu a jeho pochopení,
- zjištění, kdy a kde se vyskytují problémy,
- ukázání změny situace procesu např. ve dnech, týdnech, měsících.



Obr. 3.6 Časová řada.⁹

Jako příklad časové řady (obr. 3.6) je použit graf zaznamenávající zlepšení. Je vidět, že neshody v srpnu 2000 začínají klesat a od prosince 2000 se ustálí a drží stabilní tendenci do února 2001, kde graf končí.

3.3 Analyzovat

Cílem této fáze je nalézt pochopení v informacích a datech sesbíraných v předchozí fázi a využít těchto dat k ověření příčin zpoždění, plýtvání a špatné jakosti. Tým se musí řídit daty a nesmí se spoléhat jen na zkušenosti a úsudky. Ve fázi analyzovat se budou:

- vyhledávat nenáhodná seskupení v datech,
- hledat a zaměřovat místa se ztrátou času.

Tyto činnosti jsou důležité pro:

- získání klíče k faktickým příčinám,
- nalezení cesty urychlení procesu bez ztráty kvality,
- stanovení nejkritičtějších činitelů pro řízení procesu.

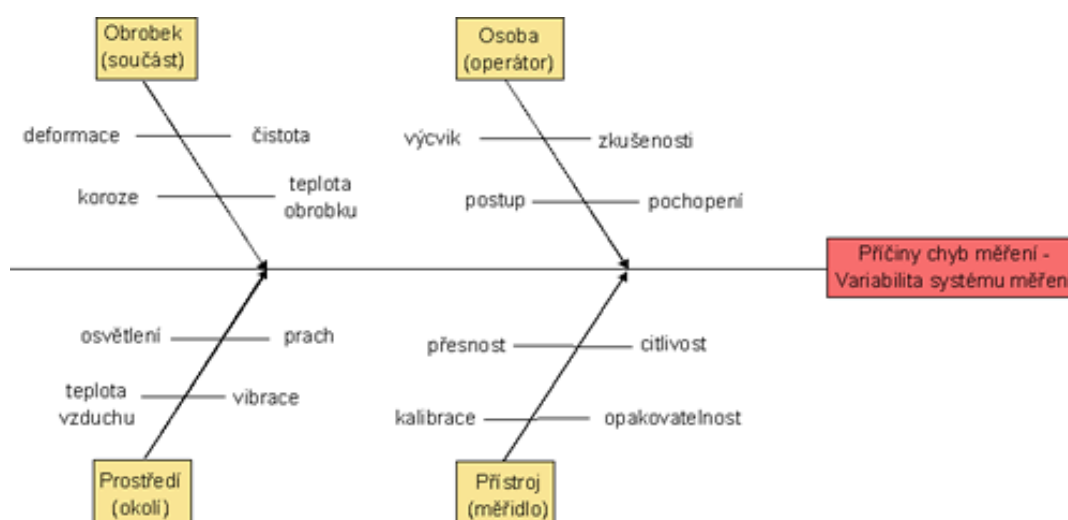
Nástroj č. 1 Diagram příčin a následků:

Diagram příčin a následků slouží jako pomoc při myšlení, usnadňuje týmu srovnat si myšlenky o možných příčinách problémů. Uspořádání myšlenek poslouží dvěma účelům:

1. tým nepřehlédne potenciální příčiny problémů,
2. tým rozhodne, které příčiny by se měly dále zkoumat.

Diagram příčin a následků je též nazývaný diagramem rybí kosti nebo Ishikawův diagram. Název je odvozen od jeho tvaru připomínající kostru ryby. Problém, který je v týmu řešen, je zapsán v hlavě ryby. Případné příčiny jsou poskládány v řadách kostí spojených s hlavou. Malé kosti uvádějí konkrétní typy příčin a napojují se na větší kosti atd.

Diagramy příčin a následků neurčují, která z možných příčin způsobuje vadu. Slouží k dokumentaci nápadů, které tým zvažoval, zkoumal nebo následně ověřoval.

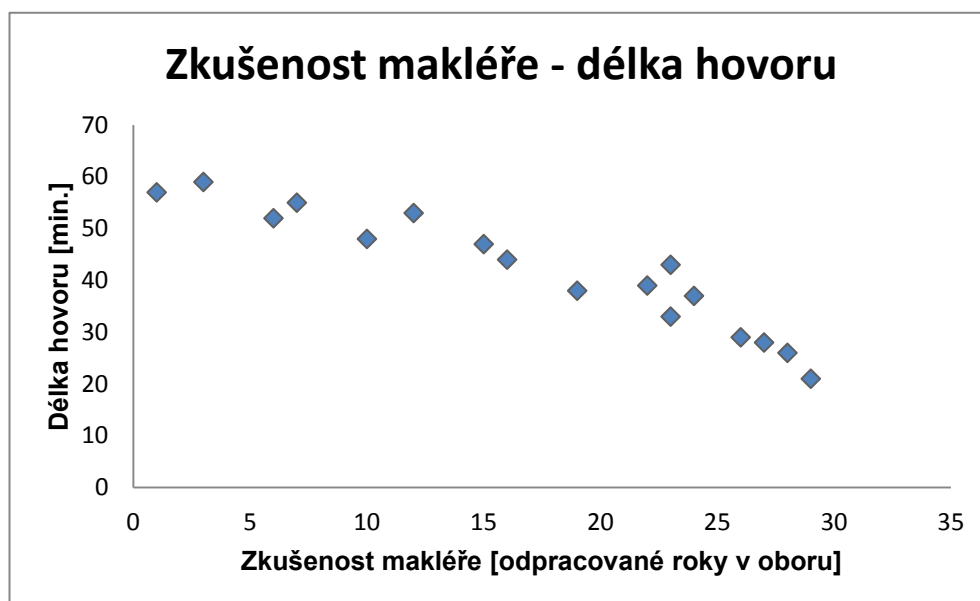


Obr. 3.7 Diagram příčin a následků.¹¹

Na obrázku (obr. 3.7) je znázorněn graf příčin a následků k určení příčiny chyb měření. Dalším krokem je vybrat nejpravděpodobnější příčiny vznikajících vad a sesbírat data pro potvrzení.

Nástroj č. 2 Korelační diagramy:

Korelační diagram slouží k zjišťování a případnému určování vztahu mezi dvěma veličinami. Je to jednoduchý nástroj. Příklad diagramu uvedeného na obrázku (obr. 3.8) slouží k posouzení, zda zkušenost makléře ovlivňuje délku hovorů se zákazníkem. Sestupný průběh křivky ukazuje, že zkušenější makléři vyřizují hovory rychleji než méně zkušení, kterým hovor trvá déle. Pokud by byl zákazník spokojen s kratšími hovory, tým by musel zajistit proškolení a předání zkušeností od zkušených makléřů, kteří jsou rychlejší, méně zkušeným makléřům. Pomocí korelačního diagramu se získává intenzivní optická představa, jak jsou nebo nejsou, možné procesní faktory vztaženy k hlavnímu výsledku. Optický dojem většinou stačí na potvrzení nebo vyvrácení daného postupu.

Obr. 3.8 Korelační diagram.⁹

3.4 Zlepšit

Cílem této fáze je udělat změny v procesu, které eliminují nedostatky, plýtvání, vady atd. spojené s potřebami zákazníka definovanými ve fázi definovat. Slovo „spojené“ z předešlé věty je podstatné. Tým musí rozpoznat, že příčiny pozorované ve fázi zlepšit mají vliv na problém nebo potřebu určenou v návrhu projektu. Provedené změny musí ovlivňovat příčiny stanovené ve fázi analyzovat. Bude se provádět:

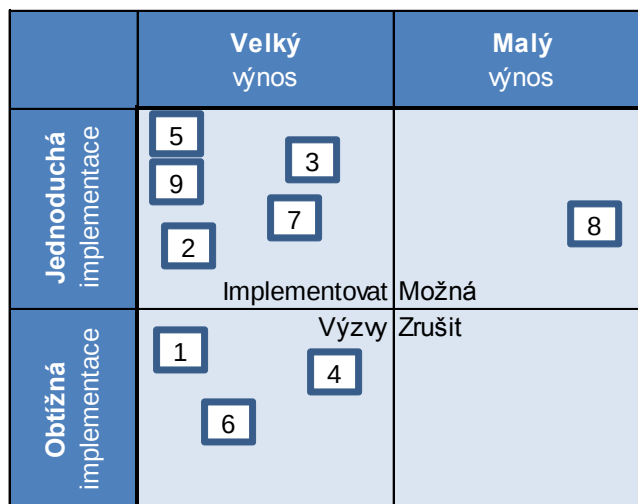
- hledání potenciálních možných řešení,
- přezkoumání nynějších nejlepších praktik a zjišťování, zda by některé mohly být použity v řešené situaci,
- propracování definic pro volbu řešení,
- zavádění pilotních projektů pro zvolená řešení,
- plánování plné implementace.

Týmu to pomůže:

- nepokračovat a nevracet se ke starým nefungujícím řešením,
- vyvinout nová řešení, která se vztahují k reálným příčinám,
- obhájit volbu řešení před jinou možností řešení,
- vidět co fungovat bude, a co fungovat nebude.

Nástroj č. 1 Výběrový diagram – PICK diagram:

V projektech často nastávají chvíle, kdy tým navrhl řadu možných řešení, která by mohla zlepšit řešený problém. Tyto možnosti je zapotřebí mezi sebou porovnat. K tomu slouží výběrový diagram, nebo-li PICK diagram (obr. 3.9). Je to jednoduchý diagram, ve kterém tým určí, jakou námahu bude muset vynaložit pro zavedení jednotlivých nápadů na řešení a jaký výnos očekává. Tato analýza týmu pomůže v rozhodování, které návrhy implementovat, které si vyžádají více práce a pro tým znamenají výzvy a které vůbec nezavádět.

Obr. 3.9 Výběrový diagram.⁹**Nástroj č. 2 Rychlé nastavení ve čtyřech krocích:**

Nástroj pro minimalizaci času nastavení. Mezi tyto čtyři kroky patří, např. provádění přípravných činností s prací s přidanou hodnotou, odstranění nutnosti nastavování a seřizování. Metoda pomáhá odstranit vše, co snižuje produktivitu, nebo ji brzdí.

3.5 Řídit

Účelem této fáze je zabezpečit trvalost zisků. V této části se vytváří postupy a pracovní prostředky, které pracovníkům umožní vykonávat práci od této chvíle jinak. Tým odevzdá získané poznatky vlastníkovu procesu a zajistí proškolení každého pracovníka v procesu. Bude se provádět:

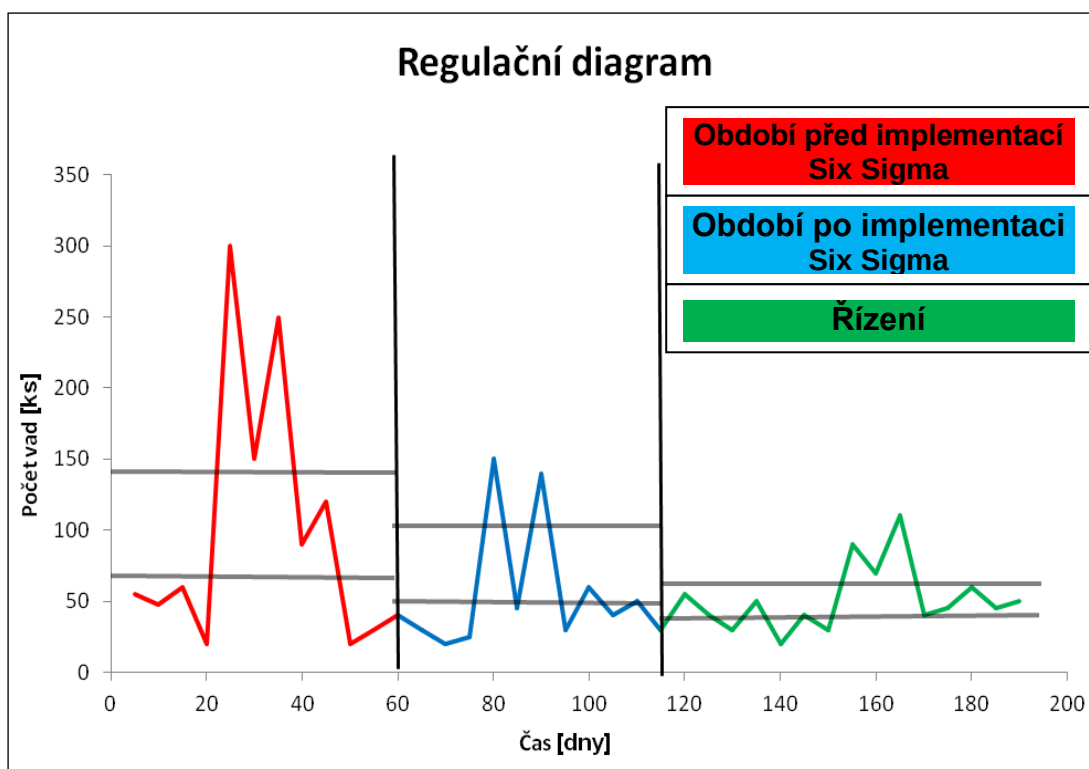
- zaznamenávání nových a zlepšených postupů,
- školení,
- nastavování procesů pro pozorování důležitých parametrů,
- odevzdávání řízení vlastníkovu procesu,
- ukončování dokumentace projektu.

Opatření pomohou:

- zjednodušit pracovníkům používání nových postupů a zabránit návratu ke starým nefungujícím zvyklostem,
- reagovat okamžitě na vzniklé problémy,
- sdílet získané poznatky s ostatními pracovníky ve společnosti.

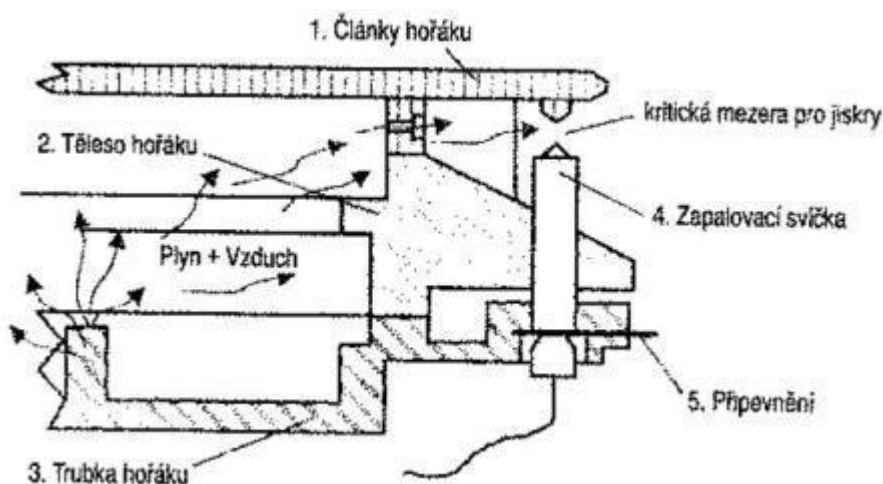
Nástroj č. 1 Regulační diagramy:

Nejpoužívanějším nástrojem ve fázi řídit je regulační diagram. Diagramu lze rozumět jako zlepšené časové řadě. Datové části jsou znázorněny v časovém sledu. V diagramu jsou navíc přímkami, které znázorňují horní a dolní regulační mez. Pokud se bod nachází mimo regulační meze, obvykle to znamená, že se děje něco neobvyklého. Je nutné co nejrychleji prozkoumat, co se v procesu stalo. Pokud se proces lepší, kolísání hodnot se ustálí a meze se k sobě přiblíží. Vše ukazuje obrázek (obr. 3.10).

Obr. 3.10 Regulační diagram.⁹

3.6 Příklad projektu úspěšného použití modelu DMAIC

„Whirlpool Europe se dnes může ohlédnout za celou řadou úspěšných Six Sigma projektů v různých oblastech podniku. Na obrázku (obr. 3.11) jsou znázorněny typické problémy klíčového vývoje výrobků u Whirlpool Italien. Obrázek ukazuje princip zapalování plynového sporáku, který byl zařazen v rámci zákaznické ankety a statistiky reklamací mezi kritické jakostní znaky. S ohledem na optimalizaci zážehu článků hořáku vznikl při interním průzkumu kvality následující důraz na nesprávné počínání: U „Starlight sporáku“ se přiváděný plyn nezapaloval spolehlivě ihned, ale teprve po několikátém stisknutí spouštěcího knoflíku.“¹²

Obr. 3.11 Princip zapalování článků hořáku u plynových sporáků.¹²

„Pro odstranění problému byl spuštěn projekt Six Sigma a přitom se postupovalo podle známého cyklu DMAIC. Nejprve byly pomocí Ishikawova diagramu stanoveny nejdůležitější faktory pro vyřešení elektrické zápalné jiskry. V této souvislosti můžeme identifikovat dva druhy působících faktorů. Rozlišujeme regulované veličiny, které mohou přímo ovlivňovat vývoj (např. frekvence zápalného boxu), a poruchové veličiny, které vznikají v souvislosti s pracovními podmínkami zákazníků (např. hrnec na plotně).

V rámci prvních sérií průzkumů bylo stanoveno, že problém vzniká především u litinoželezných plynových hořáků, u těch nejmenších typů. Projekt byl proto dále konkretizován pro tento typ. Především pomocí Design of Experiments (DOE) byl zkoumán vliv určitých designových veličin (v tomto případě: mezera pro jiskry hořáku, kapacita a frekvence zapalovače) a rušivých veličin (hromadění a koncentrace plynu a teplota hořáku a hrnce/nádoby (obr. 3.12)). Protože každý pokus musel být 10 zopakován, celkem bylo provedeno na 1.280 experimentů. Jako cílová veličina optimalizace byl stanoven počet pokusů zapálení, než začne plyn hořet. Musela být vytvořena odolná kombinace pracovních podmínek, aby byl minimalizován vliv rušivých veličin. To znamená, že byla hledána kombinace regulovaných veličin, které by „odebíraly“ rušivé veličiny ze systému. Například nebylo podstatné, jestli je hořák studený nebo horký resp. jestli stojí na sporáku hrnec nebo ne.⁴²

Testovací podmínky (Designové veličiny)

Faktory
Typ hořáku
Velikost hořáku

Stupně

litina
Velký

Střední

Malý

hliník
Velký

Střední

Malý

Mezera hofáku	Velká	Malá
Kapacita zapalovače	Vysoká	Nizká
Frekvence zapalovače	Vysoká	Nizká

Testovací podmínky (Rušivé veličiny)

Faktory	Stupně	
Hromadění plynu	G20	G25
Koncentrace plynu	Normální	Maximální
Teplota hořáku	Studený	Horký
Nádoba/hrnec	Bez	S

Designové veličiny	Rušivé veličiny
Design = 2*2*2	2*2*2*2*10 = 1280 testů

Obr. 3.12 Designové a rušivé veličiny u Design of Experiments (DOE).¹²

„Tento průzkum se stal modelem pro celou řadu dalších experimentů, které zaručují, že „normální“ chování zákazníka neovlivní výsledek. A to znamená naprostou spokojenost zákazníka. Zajímavé na tomto projektu je, že motivace k realizaci nepřinesla žádnou úsporu nákladů, ale zvýšení spokojenosti zákazníka.“¹²

„Na závěr mohly být oba faktory vlivu, mezera hořáku i frekvence zapalovače, zařazený na nejvyšší stupeň potenciálu optimalizace a poznatky byly pro zajištění konstantně dobrého zapalování jednorázově zapracovány. Až do dnešní doby nepřišla k Whirlpool žádná další reklamace týkající se systému zapalování plynových hořáku.

Tento projekt je příkladem pro mnoho Six Sigma projektů, prováděných s úspěchem pomocí metodiky DMAIC.⁴²

3.7 Shrnutí modelu DMAIC

Model podporuje tým ve struktuře a disciplíně. Je zapotřebí přesně dodržet všechny kroky modelu a řídit se jejich pokyny. Výsledkem bude zlepšení řešeného procesu, úspora času, peněžních prostředků atd.

Ukázkou funkčnosti modelu je uvedený příklad v kapitole 3.6, kde firma Whirlpool řešila optimalizaci zážehu článků hořáku.

4 POPIS PROCESU VÝROBY A KONTROLY VE SPOLEČNOSTI CCI CZECH REPUBLIC, S. R. O.

V této kapitole bude popsán proces výroby součástí a jejich kontroly na kontrolních a výrobních pracovištích, které byly popsány v podkapitole 1.4.3 Kontrolní úseky a 1.4.2 Výrobní pracoviště. Kontroloři kvality měří a provádějí předepsané zkoušky na vyrobených součástech a potvrzují, že výrobky odpovídají výkresové dokumentaci a splňují předepsané normy u nedestruktivních zkoušek. Součásti se dají rozdělit do tří skupin podle původu výroby: výrobky vyráběné ve společnosti, výrobky nebo povrchové úpravy vyhotovené v kooperaci a nakupované výrobky.

4.1 Výrobky vyráběné ve firmě

Jsou to výrobky, které jsou od začátku až do konce vyráběny v CCI. Jde o obráběné součásti a svařované dílce.

4.2 Výrobky nebo povrchové úpravy vyráběné v kooperaci

Do kooperace se součásti na výrobu posílají z kapacitních důvodů. To znamená, že výrobní kapacita ve společnosti je naplněna a nedostačuje požadavku na plán výroby. Další důvod je vyrobiteľnosť. Jedná se o výrobu, na kterou společnost není vybavena. Do kooperace se tedy posílají například brousicí a elektroerozivní obráběcí operace, operace tepelného zpracování a povrchových úprav.

Brousicí operace – v kooperaci se brousí převážně vnitřní přesné průměry, tzn. vnitřní broušení do kulata a broušení rovinných ploch.

Elektroerozivní operace – metoda elektrojiskrového řezání drátovou elektrodou je uplatňována na hřídelích s průchozí drážkou na pero.

Tepelné zpracování – jde především o metody kalení, převážně kalení ve vakuu a indukční kalení. Dále se provádí plazmová nitridace a tenifer.

- Kalení ve vakuu¹³: se vyznačuje tím, že kalený materiál na povrchu neoxiduje a neoduhlčuje se. Součásti minimálně mění rozměr a deformace je omezena na minimum. Po kalení je povrch čistý a lesklý. Jedná se o ekologickou a jednu z nejrychlejších metod kalení.
- Indukční kalení¹⁴: součást se ohřívá indukovaným proudem o střední nebo vysoké frekvenci pomocí induktoru. Induktorem prochází střídavý proud a na povrchu kalené součásti indukuje střídavé magnetické pole a tím se tvoří vířivé proudy, které ohřívají povrch.
- Plazmová nitridace¹⁵: jde o chemické tepelné zpracování založené na difuzi dusíku do oceli. Elektrickým výbojem v plynu vznikají ionizované plyny. Elektrický proud je veden plynem. Stěna pece představuje anodu a zpracovávaná součást katodu.

Mezi výhody patří variabilita řízení procesu, přesné řízení teploty, stálost rozměrů, ekologický proces, snadná ochrana povrchů, které nemají být nitridovány.

- Tenifer¹⁶: jedná se o chemické tepelné zpracování, při kterém se povrch součásti sytí dusíkem a uhlíkem v solné lázni. Součást se ponoří do solné lázně o teplotě kolem 570°C na 30 až 120 minut. Chlazení probíhá ve vodě nebo na vzduchu, to záleží na materiálu a tvaru součásti. Takto upravené po-

vrchy součástí se vyznačují vysokou otěruvzdorností a korozivzdorností, vzniklá vrstva má vysokou pevnost a lepší kluzné vlastnosti.

Povrchové úpravy – na povrch součástí se nanáší vrstva, která dává součásti požadované vlastnosti, např. korozivzdornost, otěruvzdornost atd. Mezi povrchové úpravy, které si firma nechává vytvářet, patří:

- Chromování¹⁷: na povrch se elektrolyticky nanese tvrdý, otěruvzdorný a korozivzdorný povlak. Chromování je elektrochemický proces. Tloušťky povlaku se pohybují od jednotek mikrometrů až do jednoho milimetru.
- Černění¹⁸: nebo-li alkalické černění je chemická povrchová úprava, též nazývaná brynýrování. Součást je ponořena do roztoku hydroxidu a oxidujících solí o teplotě asi 140°C. Vytvořená vrstva oxidů železa má černou barvu. Černění se provádí na hotových součástech. Po ošetření načerněné součásti konzervačním olejem je součást více odolná vůči korozi. Provádí se pro vylepšení vzhledu kovových výrobků.

4.3 Nakupované výrobky

Firma nakupuje standardizované výrobky, mezi které patří spojovací materiál (šrouby, matice, podložky) a různé druhy těsnění.

Mezi nakupované výrobky také patří elektronické zařízení na ovládání a programování ventilů.

4.4 Kontrola

Součásti vyráběné v CCI jsou kontrolovány dle průvodky po daných operacích na daných pracovištích. Naměřené hodnoty jsou zapisovány do měřících protokolů a ty jsou archivovány.

Součásti vyráběné v kooperaci jsou kontrolovány po jejich obdržení od externího výrobce. Ten je povinen k prováděné operaci dodat protokol. Protokol dodávají na obráběné výrobky (měřící protokol), povrchové úpravy i na tepelné zpracování. Kontrolor kontroluje dodané protokoly a srovnává je s výrobkem. Vytvoří interní měřící protokol.

K nakupovaným výrobkům a materiálu jsou dodávány certifikáty. Podle použití výrobku nebo na přání zákazníka jsou požadovány následující certifikáty dle normy EN 10204:

- 2.1: prohlášení o shodě s objednávkou,
- 2.2: protokol o zkoušce,
- 3.1: inspekční certifikát s výsledkem zvláštní inspekce,
- 3.2: inspekční certifikát s výsledkem zvláštní kontroly.

Kontrolor všechny kontrolované položky zapíše do firemní databáze, kde zaznamená veškeré údaje o dané položce (číslo projektu, číslo zakázky, popis neshody případně místo další operace).

Jestliže zjistí jakoukoliv vadu, výrobek blokuje a vypíše blokovací formulář, kde přesně zdokumentuje naměřené a optické neshody. Pokud jsou neshody opravitelné, posílá se součást znovu do výroby v CCI nebo do kooperace, kde byl díl vyroben. Pokud jde o neopravitelné vady, následuje rozhodovací řízení.

V rozhodovacím řízení odpovědný pracovník kontaktuje zákazníka a informuje ho o neshodě. Dle závažnosti neshody je rozhodnuto o použitelnosti součásti nebo její likvidaci.

5 ZAVEDENÍ METODY SIX SIGMA VE SPOLEČNOSTI CCI CZECH REPUBLIC, S. R. O.

V této kapitole bude popsán postup začlenění nástroje DMAIC metody Six Sigma do firemního prostředí společnosti CCI. Budou zde popsány jednotlivé kroky nástroje DMAIC, jak byly použity a implementovány na řešený problém s neshodnými díly.

Z důvodů ochrany firemního tajemství a know-how budou použité citlivé údaje záměrně zkresleny. Toto zkreslení bude v adekvátním poměru ke skutečně naměřené hodnotě.

V prvním kroku byla vytvořena, vrcholovým vedoucím pracovníkem, základní listina projektu – Project Charter. Zde se projekt pojmenoval a vymezily se hranice řešené problematiky. Definovaly se cíle, kterých má být dosaženo. Tyto cíle musí být měřitelné. Do jednotlivých pozic byli jmenováni členové týmu, kterým byly přesně definovány jejich úkoly, úvazek a časové období, ve kterém se na tomto projektu budou podílet. Podrobně jsou tyto údaje zaznamenány v tabulce (tab. 5.1). Listina je jen návrh a může se během projektu měnit na základě zjištěných, do té doby neznámých, faktů.

Tab. 5.1 Project Charter.

Project Charter

Redukce neshodných dílů

Popis: snížit množství neshodných dílů vzniklých při výrobě pomocí nástroje DMAIC, snížení nákladů spojených s neshodnými díly, zkrácení doby předání výrobku zákazníkovi.

Okolnosti: zmapovat jednotlivé problémy blokovanych dílů; vyčíslit počet jednotlivých chyb a objasnit, proč k nim dochází.

V rámci projektu: komunikace s operátory na strojích.

Cíle: snížení výroby neshodných dílů na 5% a vyřazených kusů na 1%, zvýšení efektivity výroby, ekonomické zhodnocení, dodání zakázky zákazníkovi v daném termínu.

Předpoklady: snížením neshodných dílů na 5% a vyřazených dílů na 1% dojde ke zvýšení efektivnosti výroby, úspoře času a financí, včasné dodávce zakázky zákazníkovi, možnému navýšení výrobní kapacity a zjištění příčin vzniku neshod.

Jiné přínosy: navázání přátelských vztahů s operátory, řešení jejich problémů a předcházení těmto problémům, které by mohly vést k výrobě neshodných dílů. Vytvořit operátorům podmínky a poskytnout požadované prostředky pro bezchybnou výrobu.

Role	Jméno	Úvazek	Začátek	Konec
Champion	Radim Kozel	50%	květen 2011	duben 2012
Black Belt	Jan Novák	100%	květen 2011	duben 2012
Green Belt	Dominik Čech	60%	květen 2011	duben 2012
Člen týmu	Petr Harák	25%	květen 2011	duben 2012
Člen týmu	Lukáš Hlavsa	10%	květen 2011	duben 2012
Člen týmu	Tomáš Sedlák	5%	květen 2011	duben 2012

5.1 Definovat

Název projektu byl definován v základací listině projektu. Bude řešit redukci neshodných dílů vznikajících při obrábění. Prozkoumají se dosud shromážděná data, vytvoří se mapa procesu a členům týmu se přidělí instrukce.

SIPOC diagram:

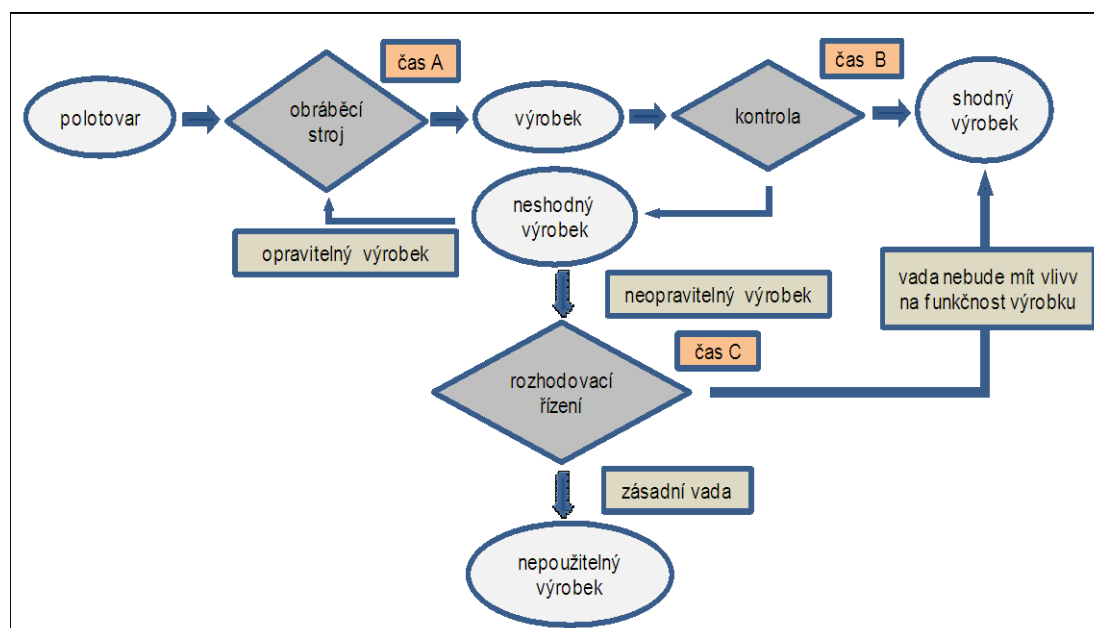
Dodavatelé	Vstupy	Proces	Výstupy	Zákazník
Dodavatelé materiálu	Materiál	Obrábění	Vyrobené díly	Předání výrobku zákazníkovi
	• naskladnění • řezání • vyskladnění		• naskladnění • výdej součástí a dílů ze skladu na jednotlivé zakázky	VENTIL
		Měření		
				
Dodavatelé normalizovaných součástí	Normalizované součásti	Montáž		
	• naskladnění			
		Ventil		

Obr. 5.1 SIPOC diagram.

V SIPOC diagramu (obr. 5.1) je zobrazen průběh výroby ve firmě CCI kdy dodavatelé dodají materiál na výrobu a normalizované součásti. Ty jsou následně naskladněny. Ze skladu se vydávají vstupy do procesu (obrábění). Výstupy jsou jednotlivé vyrobené díly, které se naskladní. Jakmile je proces ve fázi montáže, vyrobené a normalizované součásti se vyskladní na danou zakázku. Zákazníkovi je poté předán složený ventil. Diagram slouží k vymezení základní části procesu, který tým bude zkoumat.

Mapa toku hodnoty:

Tým bude zkoumat neshody vzniklé při obrábění dílů, proto vytvořil podrobnější mapu toku hodnoty (obr. 5.2) v tomto místě. Mapa ukáže přesné místo výskytu neshod. Podle mapy toto místo vzniká na obráběcích strojích, kde dochází k výrobě neshodných dílů a dalších vad. Následnou kontrolou jsou tyto neshody odhaleny a dále řešeny. Podrobně tato mapa byla popsána v kapitole 3.1.



Obr. 5.2 Mapa toku hodnoty obráběných dílů.

5.2 Měřit

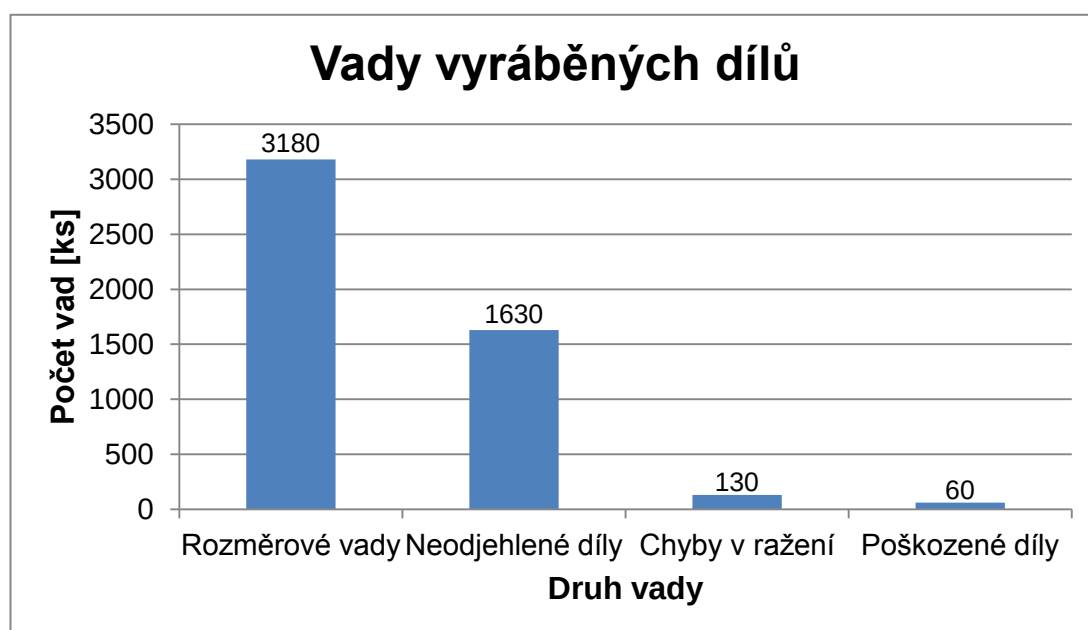
Ve firmě CCI se změřené díly zapisují do předem připravené Excelovské tabulky. Zapisují se identifikační údaje o měřeném dílu, jméno kontrolora, datum, následující operace v postupu. Pokud je díl v pořádku, pokračuje se v další operaci. Obsahuje-li vady, je zablokovaný. Pro následnou statistiku jsou tedy data sbíraná a elektronicky přístupná.

Pozorování procesu:

Tým se rozhodl pro sledování procesů výroby dílů a jejich následnou kontrolu, měření a zapisování dat. To byl důležitý počín, neboť členy týmu seznámil s procesem a možnostmi jeho zlepšení.

Paretův diagram:

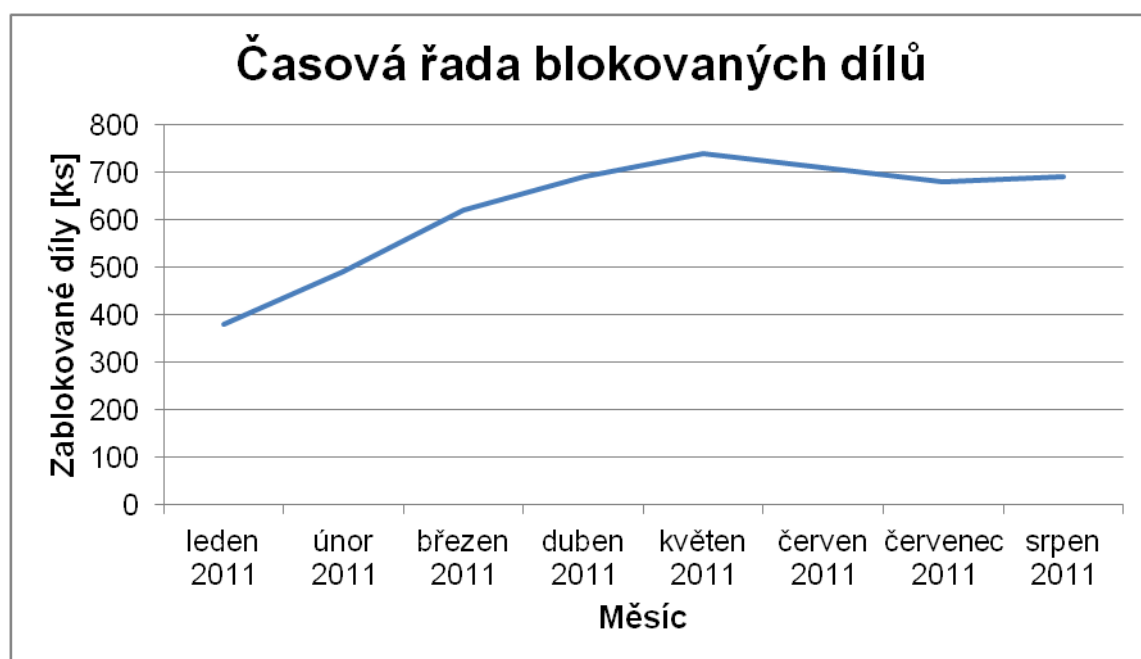
V grafu (obr. 5.3) jsou znázorněné jednotlivé vady a počet jejich výskytů na vyráběných dílech. Čím je sloupec vyšší, tím jsou vady častější a musí se řešit. Z grafu vyplývá, že nejvíce blokováných dílů kvůli jejich vadám je z rozměrových důvodů a to 3180 kusů. Neodjehlené kusy jsou druhé nejvíce blokováné díly s počtem 1630 kusů. Následují chyby v ražení a poškozené díly. Z toho plyne, že tým se bude přednostně zabývat rozměrovými vadami a neodjehlenými díly.



Obr. 5.3 Vady vyráběných dílů – Pareto.

Časová řada:

Tento graf (obr. 5.4) znázorňuje období před zavedením metody Six Sigma a počty zablokovaných dílů v jednotlivých měsících.

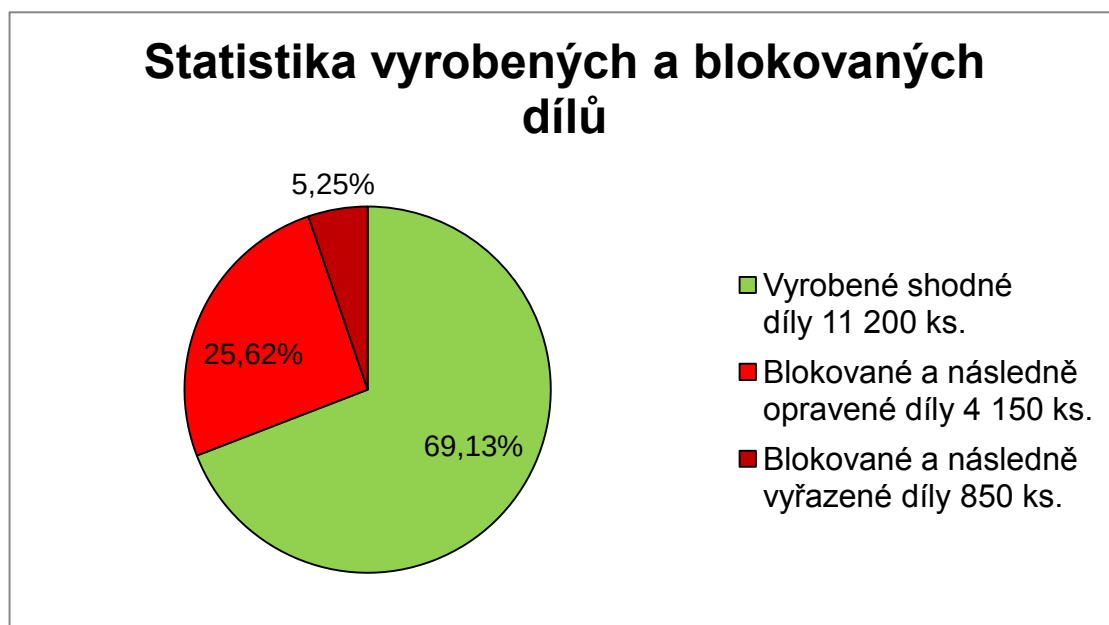


Obr. 5.4 Časová řada před zavedením metody Six Sigma.

Z grafu vyplývá, že počet zablokovaných dílů od ledna 2011 postupně rostl, vrcholu dosáhl v květnu 2011, kdy se vedení rozhodlo zasáhnout a redukovat neshodné díly pomocí metody Six Sigma. Další tři měsíce tým analyzoval stávající proces, sbíral a vyhodnocoval data. Nárůst počtu vad byl zapříčiněn rozšiřováním výroby a náborem nových zaměstnanců.

Shrnutí měření před zavedením metody Six Sigma:

Za období od ledna 2011 do srpna 2011 bylo zkontrolováno zaokrouhleně 16 200 dílů. Celkem bylo zablokováno 5000 dílů. Z tohoto čísla bylo 4150 dílů opravitelných nebo vada byla akceptovatelná a 850 dílů bylo neopravitelných a vady byly neakceptovatelné. To znamená, že 850 dílů bylo vyřazeno a odepsáno. Tuto statistiku znázorňuje graf (obr. 5.5).

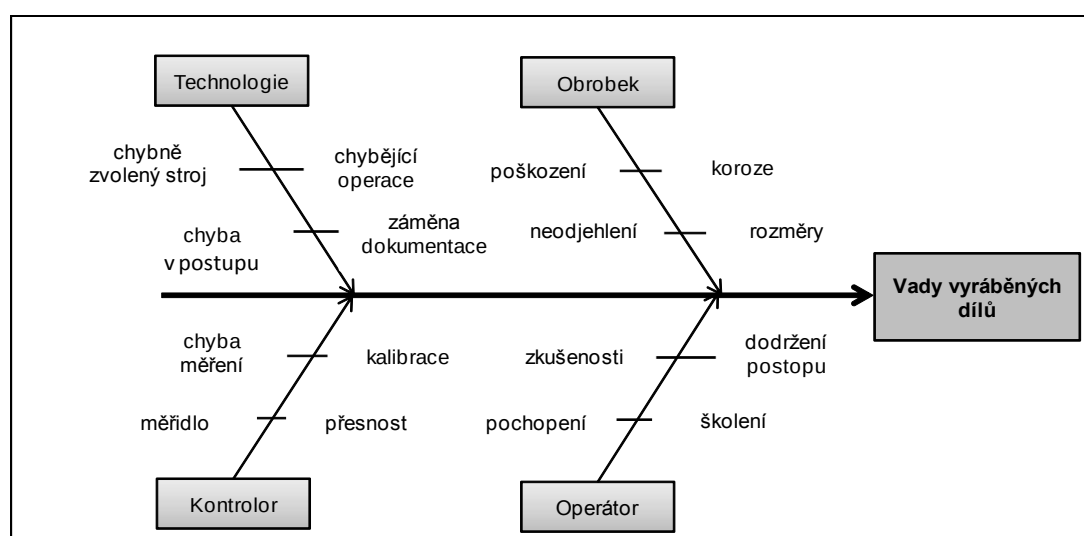


Obr. 5.5 Statistika vyrobených, blokových a vyřazených dílů.

5.3 Analyzovat

Kapitola se bude věnovat datům sesbíraným v předchozí kapitole Měření. Tým data bude zkoumat a hledat v nich příčiny vzniku vad a problémů vedoucích k výrobě neshodných dílů.

Diagram příčin a následků:

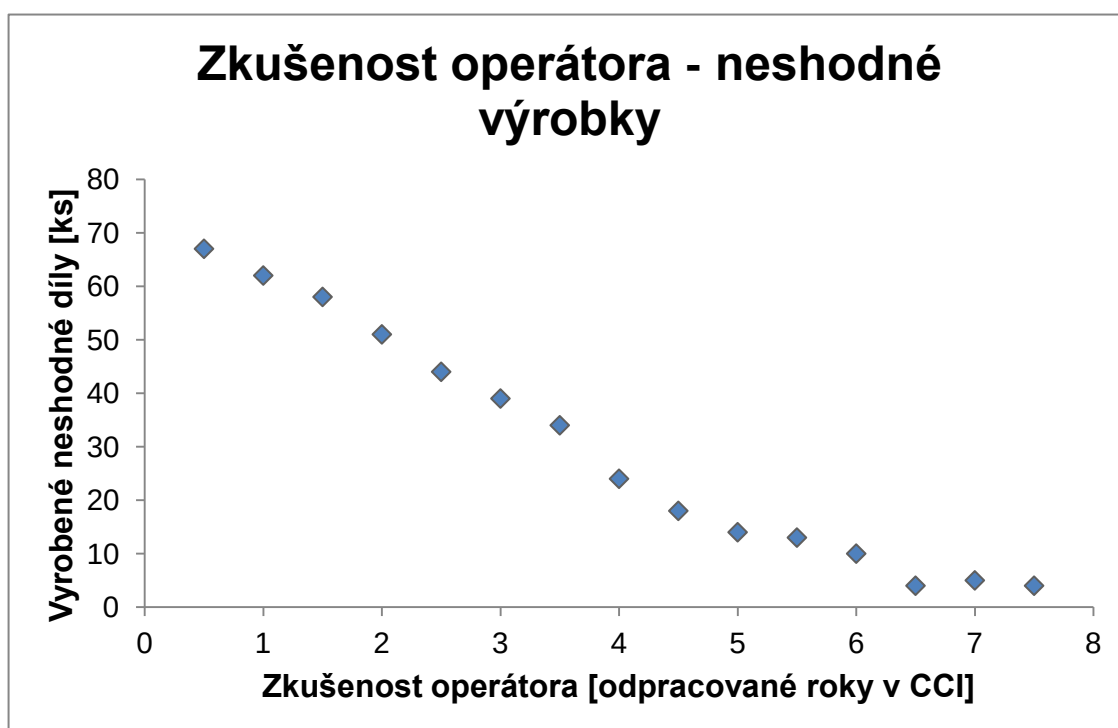


Obr. 5.6 Diagram příčin a následků způsobujících vady vyráběných dílů.

Na obrázku (obr. 5.6) je znázorněn diagram možných příčin výroby neshodných dílů. Tým vybere předpokládané příčiny výroby neshodných dílů a na základě shromážděných dat příčinu prověří. Použije k tomu Korelační diagram.

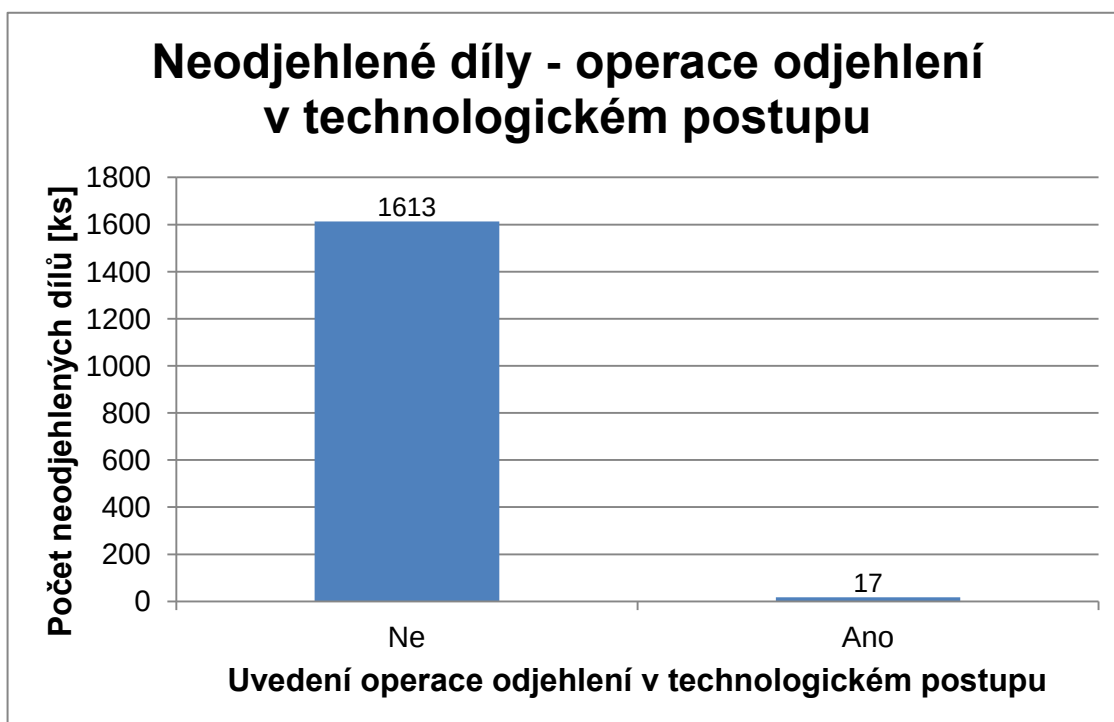
Korelační diagram:

Tým bude porovnávat zkušenost operátora s jeho počtem vyrobených neshodných dílů. Měřítka zkušenosti určuje délka pracovního poměru v CCI a tím se zaručuje operátorova znalost a zkušenost s výrobou v této firmě. Tento vztah je zobrazen v diagramu (obr. 5.7), z kterého jasně vyplývá, že zkušenější operátoři vyprodukují mnohem méně neshodných dílů, než operátoři ve firmě „služebně“ mladší. Proto se tímto problémem bude tým zabývat v další kapitole Zlepšit. Toto měření opět proběhlo v časovém horizontu od ledna 2011 do srpna 2011. Jedná se tedy o dobu osmi měsíců.



Obr. 5.7 Korelační diagram Zkušenost operátora – neshodné výrobky.

Další zkoumanou věcí budou neodjehlené díly. Paretův diagram na obrázku (obr. 5.8) znázorňuje vztah neodjehlených dílů a neuvedení této operace v technologickém postupu. Z diagramu je zřejmé, že pokud operace odjehlení není v technologickém postupu uvedena, operátoři nebo zámečníci proces neprovedou a neodjehlený díl se dostane až ke kontrole, která ho blokuje a vrací zpět do výroby na zámečnickou dílnu.



Obr. 5.8 Paretův diagram

Neodjehlené díly – operace odjehlení v technologickém postupu.

Na problém neodjehlených dílů v procesu výroby se tým podrobně zaměří v následující kapitole Zlepšit.

5.4 Zlepšit

V této kapitole bude tým navrhovat změny v procesu, aby eliminoval výskyt vad a dospěl ke splnění cílů. V kapitole Analyzovat se zjistilo, že v důsledku nezkušených, krátkou dobu zaměstnaných pracovníků v CCI, dochází k výrobě neshodných dílů. Druhým zjištěním bylo, že pokud je vynechaná operace odjehlení v technologickém postupu, ve většině případů nebude provedena.

Aby tým omezil výskyt neshod, navrhne každý člen řešení daného problému, které následně bude v týmu prezentováno. Tým vybere nejpravděpodobnější řešení, které po implementaci povede ke zlepšení.

Zkušenost operátora:

Navržená řešení:

1. školení operátorů – operátoři by byli školeni zkušenými pracovníky nebo externími školiteli v problematice obráběných a řezných materiálů a nástrojích, řezných podmínkách atd., jednalo by se především o teorii,
2. předávání zkušeností a znalostí služebně starších operátorů mladším – zkušenější pracovníci by předávali své praktické zkušenosti, nabyté praxí, v obrábění specifických dílů pro CCI: použité nástroje, chování nástroje v záběru, řezné podmínky atd.,
3. vytvoření manuálu povinných úkonů operátorů – jednalo by se o takovou „kuchačku operátora“, kde by byly popsány jeho povinnosti a úkony, které musí pl-

nit, např. dodržení technologického postupu, měření všech rozměrů kótovaných na výkresu, měřit s kalibrovanými měřidly, řídit se heslem: „Za svoji práci jsem odpovědný“,

4. udržení stálého kolektivu zkušených operátorů – péče o zkušené operátory, nedávat těmto zaměstnancům podněty podněcující jejich nespokojenost, budování stabilního a vysoce profesionálního kolektivu,
5. stálá podpora oddělení technologie, kvality a designu – pracovníci těchto oddělení by byli k dispozici při řešení problémů vznikajících při výrobě např. nejasný technologický postup, chybějící kóta na výkresu atd.,
6. možnost konzultace s pracovníkem kontroly – možnost požádat kontrolora o přeměření obrobených tolerovaných rozměrů a průměrné aritmetické úchytky profilu, seřízení měřidla atd.

Ze všech navržených řešení byl vytvořen výběrový diagram (obr. 5.9), ve kterém byly návrhy rozloženy podle výnosů a složitosti implementace do procesu.

	Velký výnos	Malý výnos
Jednoduchá implementace	1 3 2 6 Implementovat	Možná
Obtížná implementace	5 4 Výzvy	Zrušit

Obr. 5.9 Výběrový diagram.

Z grafu vyplývá, že do procesu budou implementovány řešení 1, 2, 3, 6. Řešení 4 a 5 byly týmem označeny jako obtížně implementovatelné, ale měly by velký výnos, tudíž tvoří výzvy.

Neodjehlené díly:

Jak vyplývá z grafu na obrázku (obr. 5.8), díly se ve většině případů neodjehlují z důvodu chybějící operace v technologickém postupu (příloha 2). Nejjednodušším řešením tohoto problému je začlenění operace odjehlení do technologického postupu a to po operacích vyžadujících tento krok, jako např. vrtání, rovinné frézování a další operace, při kterých vznikají otřepy.

Tým společně s pracovníky technologie návrh zkonzultoval a společně došli k závěru doplnění technologických postupů o operace odjehlení takto:

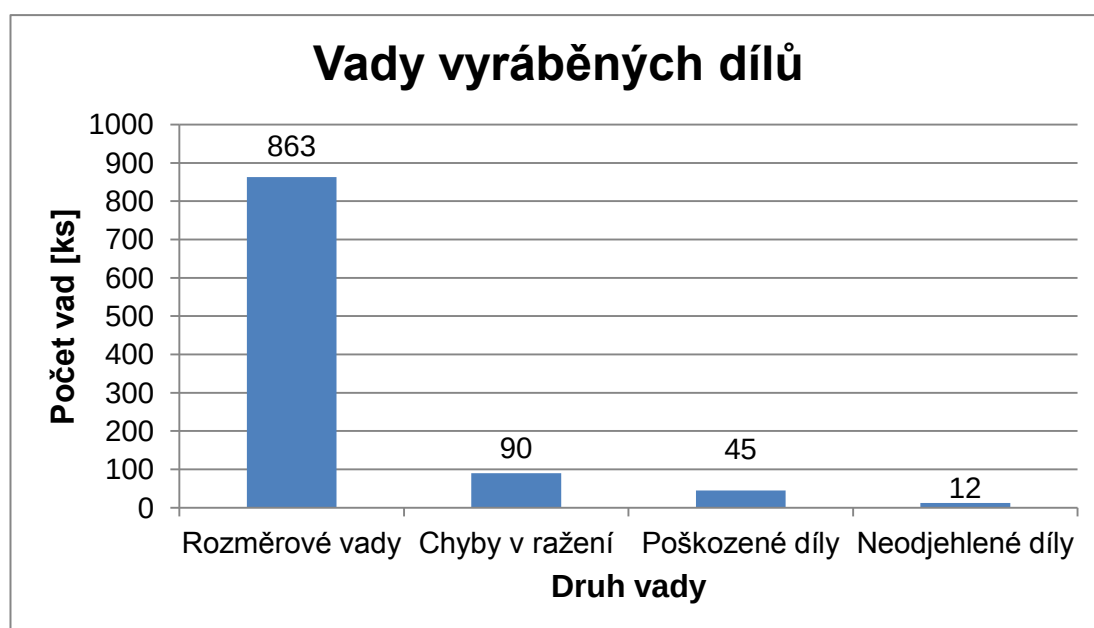
- odjehlení kratší než deset minut bude prováděno operátory po skončení práce na stroji a v technologickém postupu bude operace odjehlení zaznamenaná u dané operace obrábění (příloha 3).

- odjehlení delší jak deset minut bude prováděno na zámečnické dílně a v technologickém postupu bude samostatně začleněna operace odjehlení pro pracovníky zámečnické dílny (příloha 4).

5.5 Řídit

V tomto kroku bude shrnut dopad implementovaných zlepšení na počet vad, množství blokováných dílů a vyřazených dílů. Dále je nutné zabezpečit trvalost těchto poznatků a zisků, které vedly ke zlepšení.

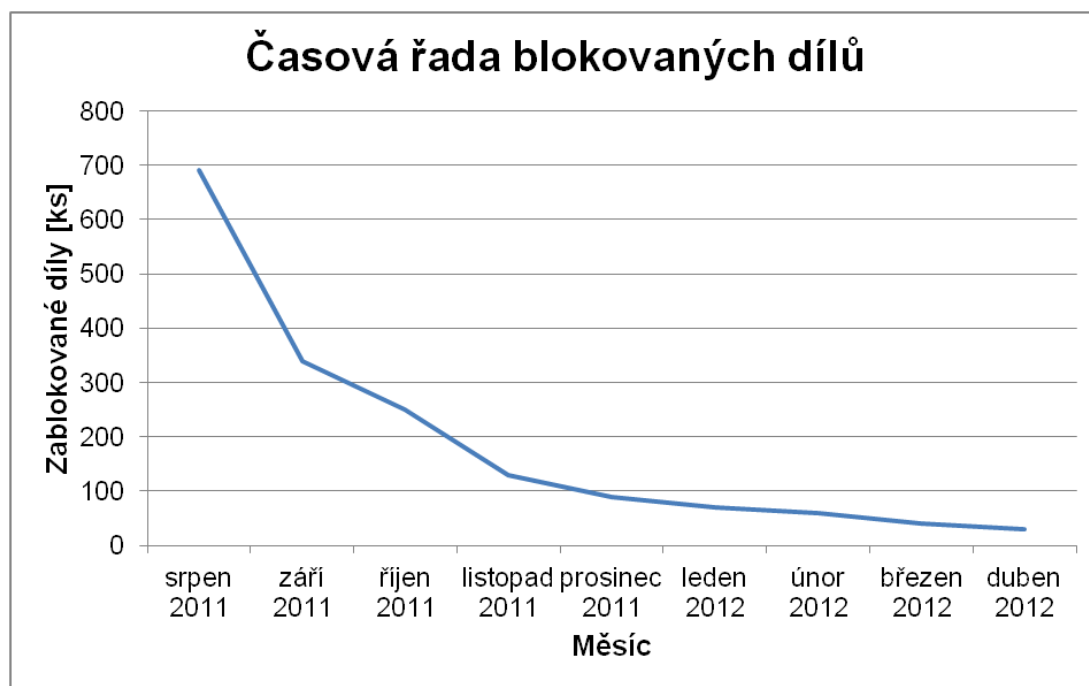
Na obrázku (obr. 5.10) je znázorněn graf, z kterého vyplývá pokles jednotlivých druhů vad po implementaci zvolených zlepšení.



Obr. 5.10 Vady vyráběných dílů – Pareto.

Další graf na obrázku (obr. 5.11) ukazuje postupné klesání počtu zablokovaných dílů v jednotlivých měsících po zavedení metody Six Sigma.

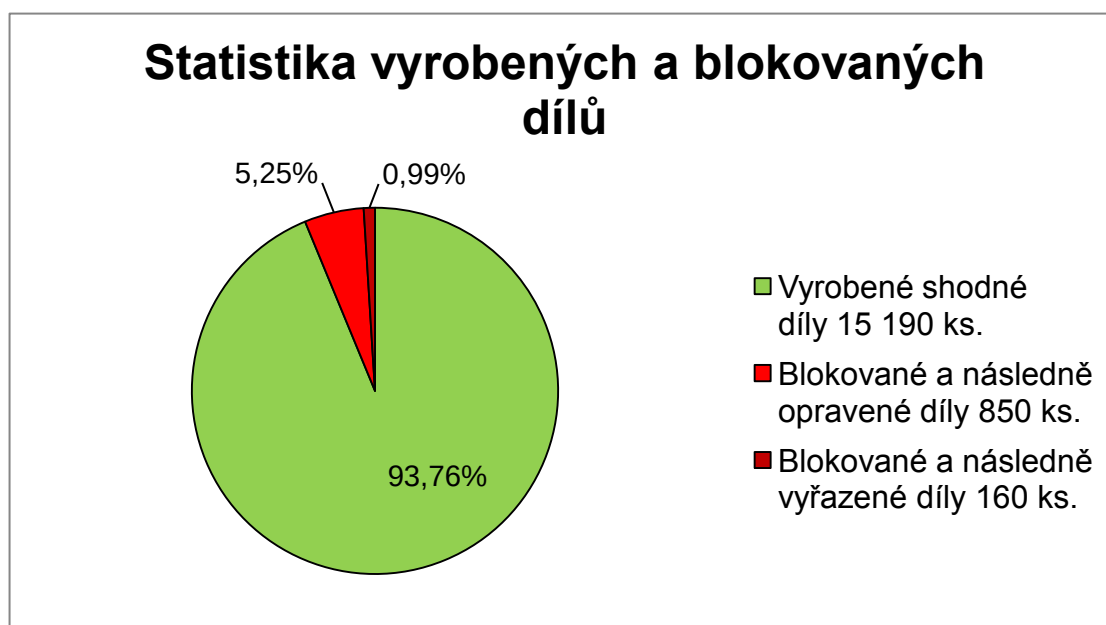
Tým zavedl jednotlivá zlepšení, po důkladné analýze, na přelomu srpna a září v roce 2011. To je patrné i z grafu (obr. 5.11), kdy od září 2011 začíná klesat počet vad a tím i zablokovaných dílů. Klesání křivky je rovnoměrné, bez výkyvů, což značí správnou implementaci zlepšení do stávajícího systému, dobré řízení a udržování implementovaných zlepšení.



Obr. 5.11 Časová řada po zavedení metody Six Sigma.

Shrnutí měření po zavedení metody Six Sigma:

Po rozhodnutí o zavedení metody Six Sigma a implementaci jednotlivých zlepšení, které proběhlo na přelomu srpna a září 2011, bylo do konce dubna 2012 zkontrolováno celkem cca 16 200 dílů. Z tohoto počtu bylo zablokováno 1010 dílů. Ze zablokovaných dílů připadlo 160 dílů na odepsání, vyřazení a 850 dílů bylo opraveno nebo vady byly přípustné. Vše znázorňuje graf na obrázku (obr. 5.12).



Obr. 5.12 Statistika vyrobených, blokováných a vyřazených dílů.

6 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ A PŘÍNOSY PO ZAVEDENÍ METODY SIX SIGMA

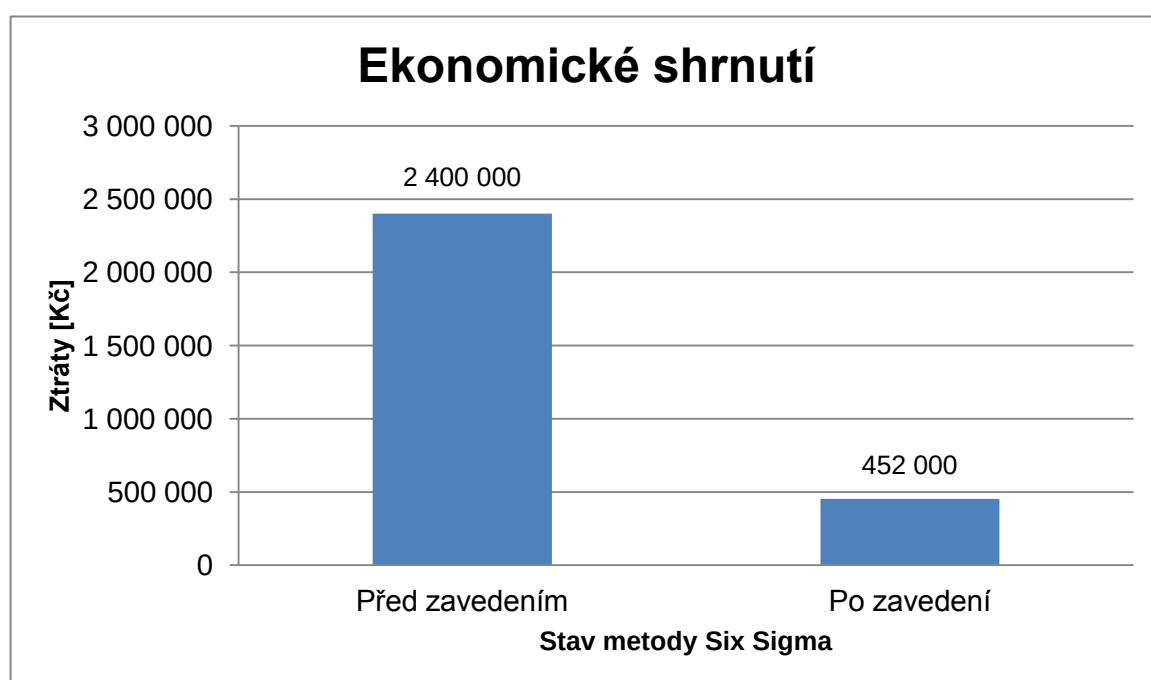
Kapitola popisuje hodnoty, které přinesla metoda Six Sigma do firmy CCI Czech Republic, s. r. o. Zhodnotí se zde poznatky zjištěné v kapitole 5.5 Řídit.

Snížením blokových dílů z 30,87% na 6,24% sice nedošlo ke splnění cíle stanoveného na počátku projektu, ale i přesto toto snížení přispělo k vyšší efektivitě výroby, poklesu úzkých míst ve výrobě, poklesu nákladů vynaložených na opravy zablokovaných – opravitelných dílů, zkrácení doby výroby dílů a přispělo k včasnému předání výrobku – ventilu zákazníkovi.

Neshodné díly, které byly vyřazeny, klesly z 5,25% na 0,99%, čímž se splnil dílčí cíl tohoto projektu. Vyřazené díly tvoří velký podíl ekonomických ztrát. Cílem každého podniku je mít tyto ztráty co nejmenší.

Při výši 5,25% vyřazených dílů dosahovaly ztráty přibližně 2,4 milionů korun českých. Tato částka vyjadřuje pouze spotřebovaný materiál.

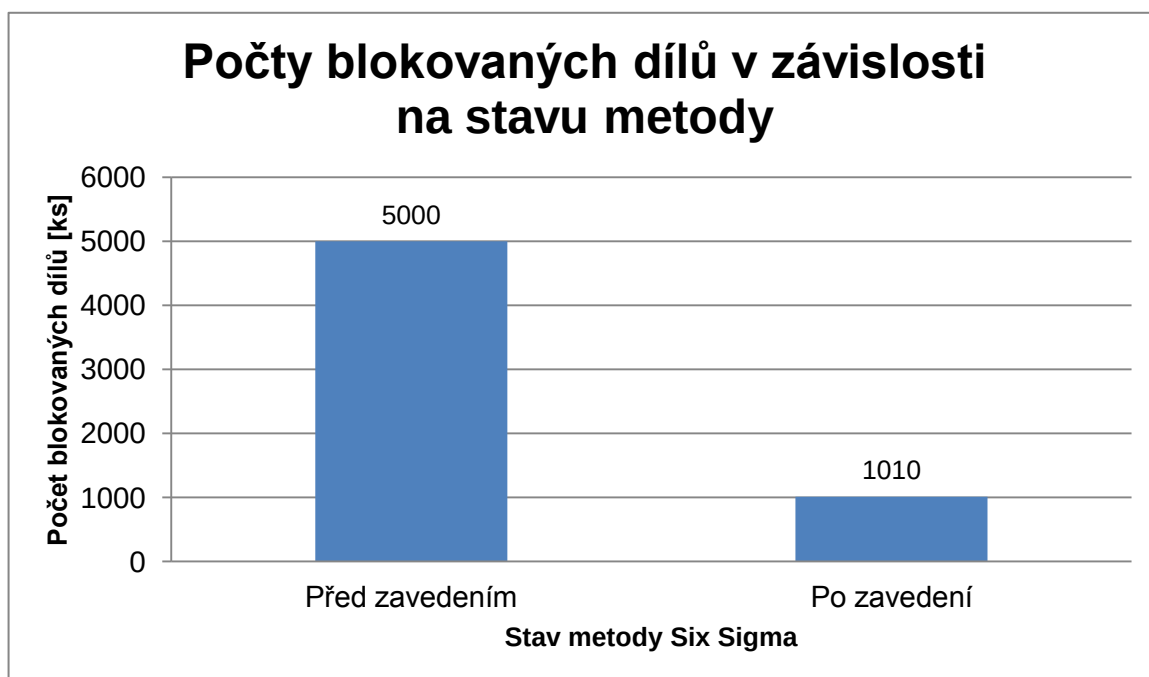
Při snížení vyřazených dílů na 0,99% klesly ztráty z 2,4 milionů na 452 tisíc korun českých zaokrouhleně. Spotřeba materiálu se snížila o materiál, který byl použit na výrobu dílů, které byly vyřazeny pro neakceptovatelnou vadu. Ekonomická úspora na vyřazených dílech je znázorněna v grafu na obrázku (obr. 6.1). Firma tak ušetřila za osm měsíců cca 1 948 000 Kč.



Obr. 6.1 Ekonomické shrnutí – ekonomická úspora na vyřazených dílech.

7 DISKUZE

Z kapitoly Ekonomické zhodnocení a přínosy po zavedení metody Six Sigma vyplývá výrazná ekonomická úspora ve spotřebovaném materiálu. Neméně důležitým faktem, vyplývajícím z grafu na obrázku (obr. 7.1), je, že se po zavedení metody snížil celkový počet blokováných neshodných dílů. Byly tedy sníženy další nemalé náklady na opravy těchto blokováných dílů.



Obr. 7.1 Statistika blokováných dílů před a po zavedení metody Six Sigma.

Na projektu pracoval vybraný tým pracovníků firmy CCI. Veškerá rozhodnutí pracovníci týmu společně konzultovali a doplňovali navzájem nápady kolegů. Týmová práce v podobných projektech je velice důležitá. Na výsledcích, kterých v tomto projektu bylo dosaženo, má velký podíl právě týmová práce a komunikace s ostatními pracovníky firmy.

Pokud se ve firmě dále budou vytvářet a udržovat nastavené procesy, povede to ke stálému snižování blokováných a vyřazovaných dílů. To bude směřovat k ustálení a výdrži na požadovaných hodnotách uvedených v cílech tohoto projektu.

ZÁVĚR

Magisterská práce řeší redukci neshodných dílů vznikajících při strojírenské výrobě ve firmě CCI Czech Republic, s. r. o. pomocí metody Six Sigma.

V úvodu práce je popsána charakteristika a organizační struktura firmy, její jednotlivá pracoviště s popisem činností. Jsou zde uvedeny hlavní výrobky firmy a její postavení na trhu v daném oboru.

V práci je popsána strategie výroby dílů a jejich následné kontroly. Jsou zde také popsány operace zhotovované v kooperaci. Jde především o tyto operace: povrchové úpravy, tepelné zpracování a některé obráběcí metody, na které firma není zařízena.

Růst firmy a rozšíření výrobních kapacit vedlo po roce 2009 ke zvýšení objemu výroby a náboru nových zaměstnanců. Tento krok vedl i ke zhoršení jakosti vyráběných dílů.

Po překročení hranice 700 blokováných dílů v květnu 2011 se vedení firmy rozhodlo zakročit a stanovilo si cíl – redukovat neshodné díly. Pro redukci neshodných dílů byla zvolena metoda Six Sigma a její nástroj DMAIC, který krok po kroku zkoumá řešený problém, vede tým k jeho úspěšnému zvládnutí a dosažení stanovených cílů.

Před zavedením metody Six Sigma bylo blokováno více jak 30% vyrobených dílů v horizontu měření osmi měsíců. Z těchto 30% bylo více jak 5% vyřazeno pro neopravitelnou a neakceptovatelnou vadu, což má za následek velké ztráty a náklady na opravy a výrobu náhradních dílů za ty vyřazené.

Po důkladném prozkoumání procesů a po vyhodnocení posbíraných dat došel tým k potřebným závěrům, které objasňovaly příčiny výroby neshodných dílů. Na základě těchto zjištění tým zavedl na přelomu srpna a září 2011 nápravná opatření, která by mohla vést ke snížení neshodných dílů a dosažení cíle.

Po implementaci opatření byla nadále sbírána a vyhodnocována potřebná data pro kontrolu procesu. Tato data tým v dubnu 2012 zpracoval a vyhodnotil přínos zavedení metody Six Sigma. Byl zaznamenán postupný pokles blokováných dílů z původních více jak 30% na 6,24%. Počet vyřazených dílů klesl z 5,25 % na 0,99%.

Firmě zavedení metody Six Sigma přineslo mnoho nových zkušeností a pohledů na výrobu z jiného úhlu. Při stálém dodržování zavedených pravidel a pravidelném monitoringu nastavených procesů by nemělo dojít k opětovnému nárůstu neshodných dílů pro výrobu ventilů ve firmě CCI.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. CCI [online]. 2004 [cit. 2011-09-03]. Dostupné z: <http://www.ccivalve.com/pdf/798.pdf>
2. IMI [online]. 2007 [cit. 2012-01-30]. Dostupné z: <http://www.imiplc.com/about-imi/our-history.aspx>
3. CCI [online]. 2004 [cit. 2011-06-09]. Dostupné z: <http://www.ccivalve.com/index.html>
4. PTÁČEK, Luděk. *Nauka o materiálu I*. 2. opr. a rozš. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s. r. o., 2003. ISBN 80-720-4283-1.
5. PANDE, Peter S., Robert P. NEUMAN a Roland R. CAVANAGH. *Zavádíme metodu Six Sigma: aneb jakým způsobem dosahují renomované světové společnosti špičkové výkonnosti*. Brno: TwinsCom, s. r. o., 2002. ISBN 80-238-9289-4.
6. Citace. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, 11. 12. 2006, last modified on 15. 11. 2011 [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Six_Sigma
7. Mitcalc [online]. 2003 [cit. 2012-03-13]. Dostupné z: <http://www.mitcalc.cz/doc/tolanalysis1d/help/cz/tolanalysis1d.htm>
8. INTERQUALITY [online]. 2010 [cit. 2012-03-08]. Dostupné z: <http://www.sixsigma-iq.cz/COJESIXSIGMA.aspx>
9. GEORGE, Mike, Dave ROWLANDS a Bill KASTLE. *Co je Lean Six Sigma?*. Brno: SC&C Partner, spol. s. r. o., 2005. ISBN 80-239-5172-6.
10. Flylib [online]. 2003 [cit. 2012-03-15]. Dostupné z: <http://flylib.com/books/en/2.528.1.27/1/>
11. DesignTech [online]. 2005 [cit. 2012-03-16]. Dostupné z: <http://www.designtech.cz/c/caq/diagram-pricin-nasledku.htm>
12. TÖPFER, Armin. *Six Sigma: Koncepce a příklady pro řízení bez chyb*. Brno: Computer Press, a. s., 2008. ISBN 978-80-251-1766-8.
13. HOLAIN, Martin. *Vakuové kalení* [online]. Brno: VUT-FEKT. 2009 [cit. 2012-03-19]. Dostupné z: http://www.umel.feec.vutbr.cz/~bousek/vak/DESTILACE_METALURGIE/Kaleni_HOLAJN.pdf. VUT Brno, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií.
14. Bohler Uddeholm: *indukční kalení* [online]. 2011 [cit. 2012-03-19]. Dostupné z: <http://www.kalirna-vyskov.cz/indukcni-kaleni/>
15. Bohler Uddeholm: *plazmová nitridace* [online]. 2011 [cit. 2012-03-19]. Dostupné z: <http://www.kalirna-vyskov.cz/plazmova-nitridace/>
16. Saarlstahl: *Tenifer treatment* [online]. 2011 [cit. 2012-03-21]. Dostupné z: http://www.saarlstahl.de/arten_der_waermebehandlung.html?&L=1
17. Galvanizovna: *Chromování* [online]. 2010 [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: <http://www.chromovani-zajic.cz/Chrom.php>

18. *Galvanizovna: Černění* [online]. 2010 [cit. 2012-03-21]. Dostupné z: <http://www.chromovani-zajic.cz/Cerneni.php>
19. *CCI* [online]. 2002 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: <http://www.ccivalve.com/~media/Files/C/CCI/pdf/326-drag-800d-control-valves-for-severe-service-applications.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
BOZP	[-]	Bezpečnost a Ochrana Zdraví při Práci
CAD/CAM	[-]	Computer Aided Design/ Computer Aided Manufacturing
CCI	[-]	Control Components Inc.
CDOC	[-]	Conceptualize – Design – Optimize – Control
CNC	[-]	Computer Numerical Control
DCDOC	[-]	Define – Conceptualize – Design – Optimize – Control
DFSS	[-]	Design for Six Sigma
DMADV	[-]	Define – Measure – Analyze – Design – Verify
DMAIC	[-]	Define – Measure – Analyze – Improve – Control
DMG	[-]	Deckel Maho Gildemeister
DOE	[-]	Design of Experiments
DPMO	[-]	počet vad na milion příležitostí
EHS	[-]	Environment, Healt & Safety
GHT	[-]	Geminis Horizontal Torno
GTAW	[-]	Gas Tungsten Arc Welding
HR	[-]	Human Resources
IMI	[-]	Imperial Metal Industries
IT	[-]	Information Technology
JMP	[-]	statistický software
Kč	[-]	korun českých
LL	[-]	spodní mez výsledné hodnoty
MS	[-]	Microsoft Office
NC	[-]	Numeric Control
NDT	[-]	NonDestructive Testing
PICK	[-]	název diagramu
PMI	[-]	Positive Material Identification
SIPOC	[-]	Suppliers – Input – Process – Output – Customers
SMAW	[-]	Shielded Metal Arc Welding

SSPD	[-]	Six Sigma Process Design
THP	[-]	Technicko Hospodářský Pracovník
UL	[-]	horní mez výsledné hodnoty
VBD	[-]	Výměnná Břitová Destička
ks	[-]	kus
min.	[-]	minuta
ppm	[-]	počet vad na milion příležitostí

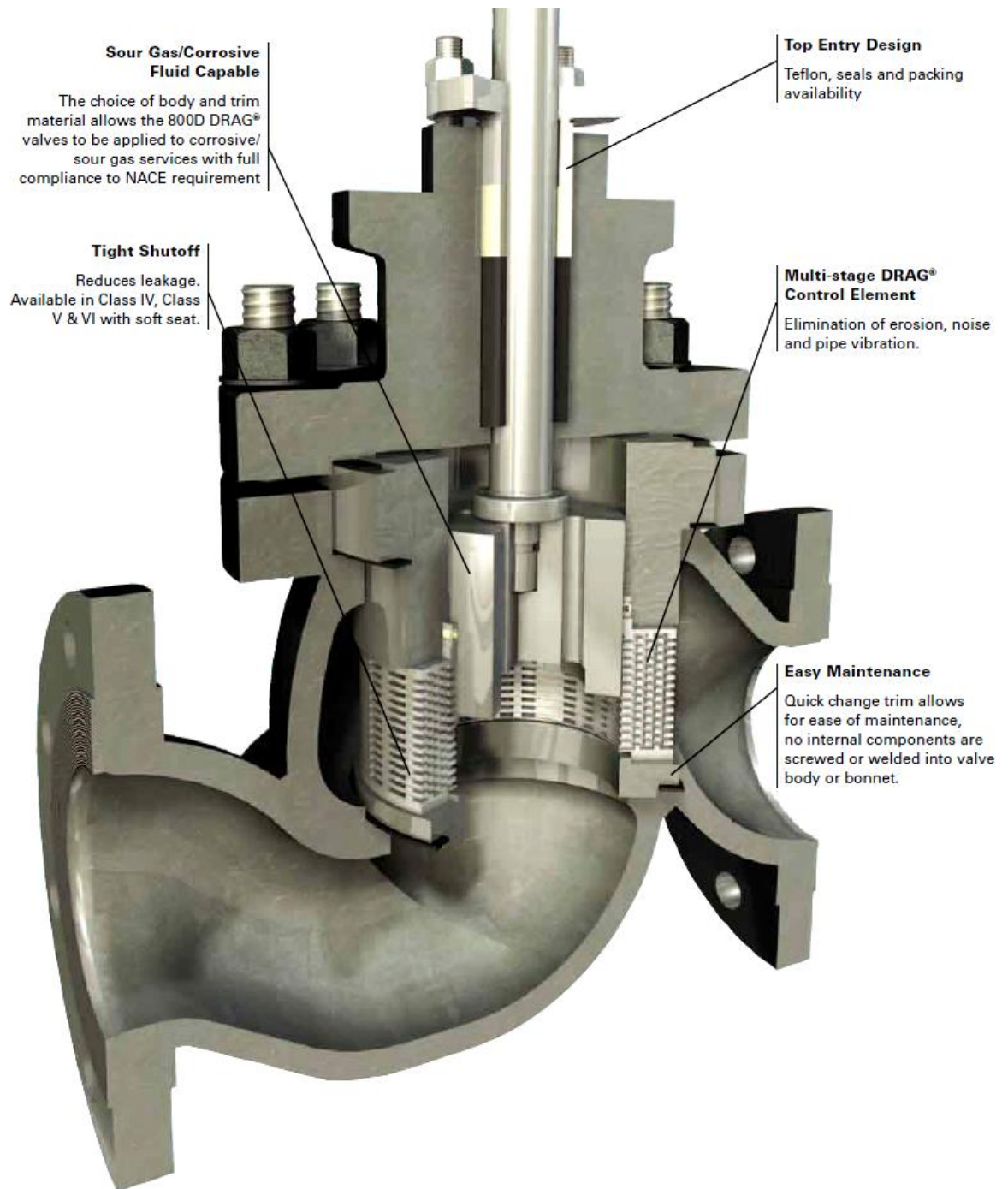
Symbol	Jednotka	Popis
°C	[°C]	stupeň Celsia
μ	[-]	střední hodnota, maximální četnost
σ	[-]	sigma – směrodatná odchylka

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Ventil – popis technologie DRAG¹⁹
Příloha 2 Technologický postup před přidáním operace odjehlení
Příloha 3 Technologický postup po přidání operace odjehlení na stroji
Příloha 4 Technologický postup po přidání operace odjehlení na zámečnické dílně

PŘÍLOHA 1

Ventil – popis technologie DRAG



PŘÍLOHA 2

Technologický postup před přidáním operace odjehlení

Technologický postup

103201665001

ver. 1

Označení 103201665500C

Název Protection pipe

2,14.5.08
d90x290

Poznámka

Založení 14.5.2008 9:58:5 klm

Poslední 1.7.2011 13:29:25 mkv

Č. op.	Stroj		Čas init	Čas jedn
10	900	10 Purchasing Vst.k.skl.fix kusy - výdej materiálu do výroby 13CrMo45, 100 x 295	1	0
20	200	60 Machining MS 1 Upnout do tvrdých čelistí, zarovnat čelo, soustružit levou stranu hotově dle výkresu. Přepnout, upnout za d90mm do měkkých čelistí, soustružit pravou stranu hotově dle výkresu. VBD sorta 4225.	40	180
30	500	30 Machining Chiron	40	90
Vrtat, závitovat.				
40	200	10 QA Razení Razit dle pozice na výkrese: Zakázka, materiál, heat n., č. výrobku, č. průvodky.	1	0
50	150	10 QA Kontrola výrobku	1	0

PŘÍLOHA 3

Technologický postup po přidání operace odjehlení na stroji

Technologický postup

103201665001

ver. 1

Označení 103201665500C

Název Protection pipe

2,14.5.08
d90x290

Poznámka

Založení 14.5.2008 9:58:5 klm Poslední 14.12.2011 13:29: mkv

Č. op.	Stroj		Čas init	Čas jedn
10	900	10 Purchasing Vst.k.skl.fix kusy - výdej materiálu do výroby 13CrMo45, 100 x 295	1	0
20	200	60 Machining MS 1 Upnout do tvrdých čelistí, zarovnat čelo, soustružit levou stranu hotově dle výkresu. Přepnout, upnout za d90mm do měkkých čelistí, soustružit pravou stranu hotově dle výkresu. VBD sorta 4225.	40	180
30	500	30 Machining Chiron Vrtat, závitovat. Vrtané díry ODJEHLIT!!!	40	90
40	200	10 QA Razení Razit dle pozice na výkrese: Zakázka, materiál, heat n., č. výrobku, č. průvodky.	1	0
50	150	10 QA Kontrola výrobku	1	0

PŘÍLOHA 4 (1/2)

Technologický postup po přidání operace odjehlení na zámečnické dílně

Postup dle výkresu

103228088001

ver. 1

Označení výkresu 103228088500_rev.B

Název Inletcage

6.12.2011
d235x371

Poznámka

Založení 14.2.2007 0:00:00 Administrator Poslední modifikace 6.12.2011 10:54:36 mka

Č. op.	Stroj	Čas init	Čas jedn
10	50 10 Documentation Documentation	0	0

Vytvořil: mdo Schválil: rso

20	900 40 Purchasing Vst.k.skl.fix kusy Bmo -výdej materiálu do výroby	1	0
----	--	---	---

Mat.: X20CrMoV12-1; 260x380

30	200 708 Machining Mazak ST 450	60	270
----	-----------------------------------	----	-----

Hrubovat vnější průměr a otvor (oboji jen válcově) s přídávkem 1,5 mm na plochu pro tepelné zpracování. VBD sorta 2025.

40	800 10 Welding Heat. big oven I (2x2x1,9)	510	1
----	--	-----	---

Žíhat dle procedury HTM-007. Vystavit protokol o průběhu teplot.

50	1500 30 QA Mezioperační kontrola	1	0
----	-------------------------------------	---	---

Kontrola tepelného zpracování - protokolu.

60	200 70 Machining SMT 500	60	150
----	-----------------------------	----	-----

Upnout do tvrdých čelistí za levou stranu, soustružit pravou stranu dle výkresu - d207-H7, d230 -0,1/-0,2 mm s přídávkem 0,5mm (na průměru) v tolerované délce pro dokončení. Přepnout, upnout do měkkých čelistí, zarovnat čelo na délku 371,6mm (0,5mm přídavek na pravém čele), soustružit levou stranu dle výkresu - vnější tolerované rozměry obrobít ke spodní, vnitřní k horní hranici tolerance z důvodů tenířeru. VBD sorta 2025.

70	500 70 Machining Haas	60	150
----	--------------------------	----	-----

Vrtat, řezat závit s ohledem na přídavek na pravém čele 0,5mm.

PŘÍLOHA 4 (2/2)

Č. op.	Stroj		Čas init	Čas jedn
80	750	10 Machining	10	50
		Odjehlení – zámečnická dílna		
Odjehliti po vrtání vně i zevnitř dílu.				
90	200	40 Machining	60	60
		Weiler E50		
V měkkých čelistech dokončit tolerované průměry a délku na pravé straně - vnější tolerované rozměry obrobti ke spodní, vnitřní k horní hranici tolerance z důvodu teniferu. VBD sorta 2025.				
100	2000	10 QA	1	0
		Razení		
Razit na vnější průměr d230mm – materiál, heat n. + výrobek-č. + projekt č. + Pořadové-č.				
110	1500	30 QA	1	0
		Mezioperacní kontrola		
Kontrolovat s ohledem na Tenifer.				
120	1450	30 OSM/OSP	0	0
		OSP - Tenifer treatment		
Tenifer dle výkresu.				
130	1500	10 QA	1	0
		Kontrola výrobku		
Kontrola dle dokumentace.				