

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N 2301 Strojní inženýrství

Studijní zaměření: Strojírenská technologie – technologie obrábění

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MSA analýza ve společnosti seele pilsen s.r.o.

Autor: **Bc. Jan Faltín**

Vedoucí práce: **Ing. Martin Melichar, Ph.D.**

Akademický rok 2014/2015

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne: 20.7.2015

.....

podpis autora

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

AUTOR	Příjmení Faltín	Jméno Jan		
STUDIJNÍ OBOR	Strojírenská technologie - technologie obrábění			
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Melichar, Ph.D.	Jméno Martin		
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KTO			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	MSA analýza ve společnosti seele pilsen s.r.o.			

FAKULTA	Strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZD.	2015
----------------	---------	----------------	-----	------------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	63	TEXTOVÁ ČÁST	50	GRAFICKÁ ČÁST	13
---------------	----	---------------------	----	--------------------------	----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Diplomová práce je zaměřena na analýzu systému měření ve společnosti seele pilsen s.r.o. za použití metody průměru a rozpětí pro zjištění způsobilosti procesu měření. Součástí práce je pak nástroj řízení kvality – Paretova analýza. Cílem je zjištění nejslabších míst v systému měření, odstranění interních nedostatků a opětovné přezkoumání způsobilosti systému za pomoci metody založené na rozpětí. Výsledkem je pak proces měření je ve statisticky zvládnutém stavu.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Analýza, systém, měření, průměr, rozpětí, proces, řízení

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	Surname Faltín	Name Jan
FIELD OF STUDY	Manufacturing Processes – Technology of Metal Cutting	
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Melichar, Ph.D.	Name Martin
INSTITUTION	ZČU - FST - KTO	
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	MSA analysis at company seele pilsen l.t.d.	

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Department of Machining Technology	SUBMITTED IN	2015
----------------	------------------------	-------------------	------------------------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	63	TEXT PART	50	GRAPHICAL PART	13
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The diploma contains MSA analysis in the real company called seele pilsen l. t.d. This analysis use method of the average and method of the range . And one of the part of quality control –this is Pareť's analysis.
KEY WORDS	Analysis, system, measuring, average, range, process, control

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Martinu Melicharovi, Ph.D. za připomínky a rady, kterými mi pomohl k vypracování a dokončení této diplomové práce. Dále děkuji Radimovi Šmolovi a všem kolegům ze společnosti Pilsen s.r.o., kteří byli velmi ochotní a věnovali mi svůj čas. V neposlední řadě patří poděkování i mé rodině za podporu a pochopení a přátelům za morální podporu.

OBSAH

ÚVOD	8
2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	14
Technické vybavení.....	15
3 APLIKACE MSA	17
3.1 Systém měření	17
3.2 Statistické vlastnosti systému měření	18
3.2.1 Práh citlivosti.....	20
3.2.2 Shodnost a strannost.....	20
3.2.3 Opakovatelnost a reprodukovatelnost	22
3.2.4 Paretova analýza.....	26
3.3 Nejistota měření.....	29
3.4 Příprava pro využití systému měření	30
3.5 Měření a sběr dat pro určení stability systému měření	35
3.6 Paretova analýza	41
3.7 Navrhované řešení ke zlepšení	45
3.8 Aplikace metody založené na průměru a rozpětí po nápravných opatřeních	49
4 VYHODNOCENÍ	53
Technicko- ekonomické hodnocení	53
5 ZÁVĚR.....	55
6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	57
7 PŘÍLOHY.....	58
8 SEZNAM OBRÁZKŮ	63

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

MSA – Measurement system analysis

GRR – Opakovatelnost a reprodukovatelnost měřidla

SPC - Statistical Process Control

CAM - Computer aided manufacturing počítačem podporovaná výroba

VBD – vyměnitelná břitová destička

CNC - Computer Numeric Control – nejčastěji u obráběcích strojů

WECC – Západočeské kalibrační sdružení

ÚVOD

Způsobů a využití naměřených dat je v současné době více než kdykoli v minulosti. Mnoho rozhodnutí, jak zdokonalit výrobní proces, je právě založeno na těchto naměřených hodnotách. Z dat se vypočítávají statistiky, které se pak porovnávají s regulačními mezemi určitého procesu. Srovnání může ukázat, že sledovaný proces není zvládnutý. Poté se musí provést nějaký druh zlepšení. Pokud je srovnání ve statistických regulačních mezích, proces proběhne bez větších změn a zásahů. Dále můžeme naměřená data použít pro zjištění vztahu mezi dvěma nebo více proměnným, zda-li mají významnou souvislost nebo zda vůbec existují. Možná spojitost se přezkoumává pomocí statistické metody, která se nazývá regresní analýza.

V praxi se používá statistický postup, který se nazývá regresní analýza. Je to způsob posuzování, který sleduje naměřenou hodnotu před vstupem do procesu a další hodnotu při výstupu. Dále se setkáváme s názvem analytická studie. Všeobecně je dáno, že analytická studie detailně zkoumá poznatky o systému příčin, které významným způsobem ovlivňují průběh procesu. Právě proto jsou analytické studie jedny z nejpodstatnějších aplikací naměřených dat. Tyto hodnoty nám umožní lepší a přehlednější chápání procesu.

Kvalita naměřených dat ovlivňuje do velké míry výsledky postupů, které jsou založené na vstupních hodnotách. Věrohodnost dat samozřejmě určuje přesnost daného postupu a vždy platí přímá úměra. Je-li vysoká jakost naměřených veličin, pak bude vysoký i přínos. Samotné náklady na získaná data nejsou zanedbatelné, a proto je vždy důležité, dbát na kvalitu naměřených hodnot.

Předmětem mojí diplomové práce je seznámení s analýzou systému měření a poté její samotná aplikace ve společnosti seele pilsen s.r.o. Hlavním úkolem je zjistit, zda-li ve společnosti měří způsobilým procesem, kde mají největší nedostatky a naopak, kde dosahují zbytečně „drahé“ přesnosti.

Cílem praktické části mojí diplomové práce je analýza systému měření (Measurement systems analysis). Ve zkratce z anglického slova MSA. Za pomoci měřících metod a

zkoumání problémů při měření vznikne účelný dokument. Účelem tohoto formuláře je poskytnout směrnice k porovnání kvality systému měření. Aby mohly být směrnice použity na jakýkoli systém měření, byly vytvořeny značně obecně. Hlavním místem, kde se s nimi můžeme setkat je výrobní průmysl. Směrnice neslouží jako všeobecný přehled analýz pro systémy měření, ale především se zaměřuje na systémy měření, kde můžeme hodnotu na dílech opakovaně odečítat. Vždy však platí, že jedna analýza neplatí pro většinu typů systému měření. V rámci diplomové práce zmapuji kompletní systém měření. To znamená, že prozkoumám soubor přístrojů, měřidel, etalonů, operací, metod, přípravků, softwaru, personálu, prostředí a předpokladů využívaných k sumarizaci jednotky měření. V neposlední řadě také prozkoumám celkový proces využívaný k získávání měření. Ze získaných dat pak vytvořím protokol o měřicím procesu. Zároveň určím jeho slabá a kritická místa, navrhnou a aplikuji nová možná zlepšení. Díky navrženým zlepšením se pokusím zlepšit kvalitu měřicího procesu a prokázat, že proces je statisticky zvládnutý.

Diplomová práce je složená z kapitol, ve kterých je zahrnuta teorie, obecné informace o metodách získávání dat, řešení a vyhodnocení systému měření. Poslední kapitolou je závěr, ve kterém společnost seele pilsen s.r.o. dostane zprávu o konečném stavu systému měření, do jaké míry bude zvládnutý a zda naměřená data měla a mají vysokou vypovídající hodnotu. Zároveň poukážu na chyby, které byly odstraněny a jak jim předcházet v budoucích letech.

Svoji diplomovou práci vypracuji v již zmíněné společnosti seele pilsen s.r.o., kde jsem se domluvil s managementem kvality a metrologie na řešení interních nedostatků a návrhů na zlepšení a poté budu vše aplikovat na aktuální zakázku. Společnost do této doby nevyužívala žádnou metodu pro sledování a analýzu systému měření a tudíž neměla žádnou informaci o stavu procesu měření. Proto jsme se rozhodli pro přezkoumání zaběhlého chodu.

Představení společnosti



Společnost seele GmbH byla založena v roce 1984 mistrem sklářem Gerhardem Seelem v Německém Gersthofenu, kde navázal spolupráci s inženýrem přes ocelové konstrukce Siegfriedem Gossnerem. Hlavním motem firmy jsou tři slova a to jasnost, přesnost a lehkost. Společnost seele se vypracovala na post světové jedničky za třicet let. Od samého začátku se v Gersthofenu vyvíjely nejmodernější součásti pro atypické projekty světových architektů. Regionální projekty byly rychle následované světovými kontrakty, které si seele nechává patentovat hned v prvním roce provozu. Seele se zúčastňuje předních veletrhů jako je například Veletrh v Leipzig nebo Design Center v Linz.

Deset let po svém založení, seele Gersthofen zvýšila své příjmy a pracovní síly se zvedly na desetinásobek. S cílem pro mezinárodní operace byly vytvořeny dílčí pobočky v Rakousku a Hong Kongu v roce 1984. Dále následovaly státy jako Francie a Velká Británie. Další a jeden z hlavních okamžiků byl rok 1996, kdy se seele rozšířilo do západní části České Republiky a to přímo do Plzně na Borská pole. Seele bylo jednou z prvních výrobních hal „na zelené louce“ v Západočeské metropoli. Ve stejný rok přibyla pobočka také v Singapuru a v roce 2001 ve Spojených státech amerických.

Celou dobu bylo sídlo mateřské firmy v Gersthofenu, kde nepřetržitě rostlo a vyvíjelo se. Intenzivní výzkum a vývoj ve sklářském stavebnictví vedl k postavení dalších hal a prostorů v roce 2004. Seele nadále expanduje i na blízký východ do Dubaje.

V roce 2007 byla založena dceřiná společnost Sedak, která se zaměřuje na výrobu speciálních ohýbaných a nadrozměrných skel. V témže roce byl také rozšířen sortiment o membránové a látkové struktury. Hlavní centrum pro membránovou výrobu bylo v Obing a tato výrobní jednotka má velké výrobní místo v Šanghaji. [7]

Nové kanceláře a showroom byly otevřeny v Gersthofenu v roce 2008. V tomto roce zde byla také zřízena výroba speciálních hliníkových fasád. Další zvrát nastal v roce 2011, kdy se společnosti sídlící v Německu podařilo vyrobit největší sklo na světě a to v celkových rozměrech 15m x 3,75m.



Obrázek 1
Největší sklo vyrobené společností seele
Dostupné na: www.seele.com

V roce 2013 společnost seele, specialista na výrobu designových fasád, vyvinula zcela novou generaci fasád, a to s integrovanou fólií, která nese název ICONIC SKIN. Tento druh fasády se vyznačuje tím, že má speciální funkci „sebeochlazování“. Velké sendvičové panely našly rychlou cestu k renomovaným světovým architektům. Tito architekti a inovativní konzultanti byli partneři společnosti seele po mnoho let a díky svým velkolepým projektům po celém světě se stala společnost špičkou ve svém oboru. Mohou se pochlubit náročnými projekty a celosvětovými díly jako je nádraží ve Štrasburku, skleněná krychle pro společnost Apple na 5th Avenue v New Yorku, nádraží Kings Cross v Londýně a Ústav míru ve Washingtonu. [7]



Obrázek 2
Nádraží ve Štrasburku ve Francii
Dostupné na: <http://seele.com/structure-en/railway-station-strasbourg.html>



Obrázek 3
Nádraží Kings Cross v Londýně
Dostupné na: <http://seele.com/structure-en/new-kings-cross-station-london.html>

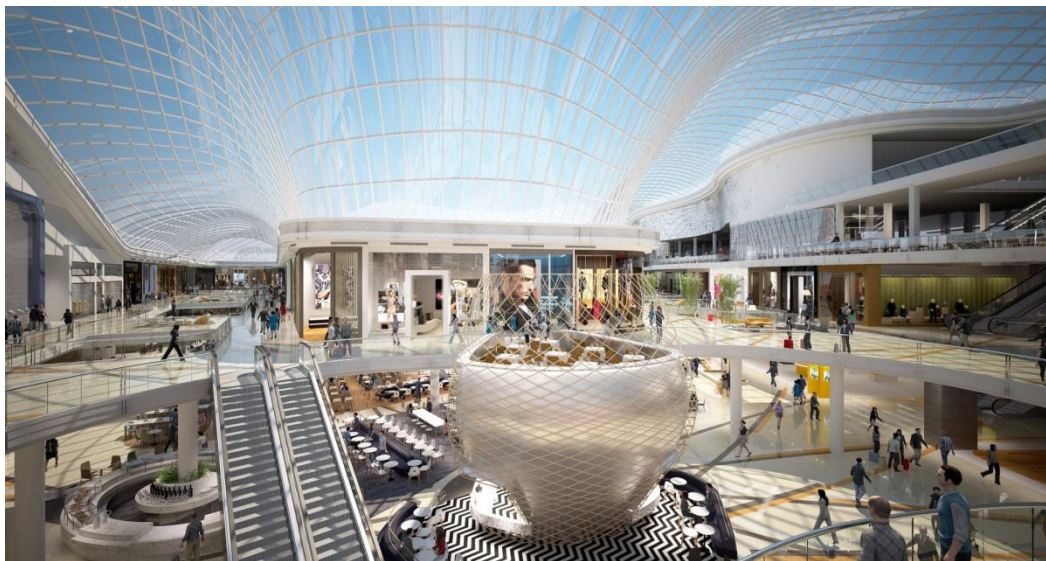


Obrázek 4
Prodejna společnosti Apple v New Yorku
Dostupné na: <http://seele.com/structure-en/shopping-center-apple-high-profile-store-new-york-city.html>

Pobočka v Plzni je výrobní závod, který se zabývá pokročilým zpracováním oceli. Všechny namodelované a vyrobené struktury splňují nejvyšší technické a estetické požadavky na architektonické konstrukce, vše v souladu s filozofií skupiny seele. V oboru konstruování a svařování ocele má společnost dlouholetou zkušenost pocházející z mateřské společnosti v Německu. Díky svým unikátním řešením se v současné době firma seele zaměřuje i na obrábění kovů a plastů. Seele sídlící na Borských polích disponuje několikasouřadnicovými CNC stroji k dosažení maximální kvality obrobků a stroji na dělení materiálu. Zajišťuje z 80% ruční svařování atypických segmentů a konstrukcí, ale také robotické svařování kotvicích prvků nebo svařeců sériové výroby. Politika firmy je a nadále bude zaměřena na požadavky zákazníků, distributorů a architektů. [7]

2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Společnost seele pilsen s.r.o. uzavřela na začátku roku 2015 zajímavý projekt s australským obchodním centrem. Jedná se o první zakázku do tohoto kontinentu pro plzeňskou pobočku a celý projekt bude rozdělen do čtyř montážních fází a celková výroba bude probíhat přibližně 2 roky. Projekt se jmenuje Chadstone Shopping Centre. Záměrem a cílem společnosti je dodávat svoje dodávky v přesném termínu a maximální kvalitě a dostat tak prestiži a uznání. Seele pilsen disponuje několika vlastními patenty na projektování a výrobu samonosných ocelových konstrukcí a montážních systémů. Projekt Chadstone bude dalším z nich, který bude těchto patentů využívat. Zastřešení obchodního centra bude využívat patentovaného „knoten“ systému. Tento systém umožní samonostné držení střešní konstrukce a bude uzpůsobený na tvar obchodního centra v Melbourne. V tomto případě se také dbá na dodržení seele motto: jasnost, přesnost a lehkost. Díky tomu bude zastřešení budovy vypadat elegantně a vzdušně s přesným rukopisem společnosti seele pilsen s.r.o.



Obrázek 5
Nákupní centrum v Melbourne
Dostupné na: <http://seele.com/structure-en/shopping-chadstone-center-profile-store-melbourne.html>

Ve společnosti se v budoucnu analýza systému měření neprováděla, přestože je firma na trhu již několik let. Probíhá vždy vstupní, mezioperační a výstupní měření dílů a následných sestav. Jedná se tedy o prvotinu v tomto směru.

Technické vybavení

Výrobní hala má 4200 m² se 4 loděmi, 6 jeřábů s 5 t nosností s 6 m výškou zdvihu, 480 m² montážní plochy s nivelačními lištami. Diluter – filtrační systém ovzduší ve výrobní hale. Samostatně stojící filtrační systém trvale filtruje svařovací dýmy a prach v naprogramovaném režimu.

Dělení materiálu: Pásová pila – BOMAR.

Mechanické obrábění: AXA a DMG DMF 260/7.

Navarování záv. kolíků: CNC řízené zařízení.

Svařovací zařízení: Svařovací automat Helferd – Kröger – svařování pod tavidlem. Svařovací buňka Castro RB100 s otáčivou a MIG/MAG. Svařovací zařízení: 15 ks MAG Svařovací agregát, 5 ks Puls-MAG Svařovací agregát, 2 ks TIG Svařovací agregát, 1 ks TIG Svařovací agregát pro svařování hliníku, 1 ks Svařovací agregát – elektroda, 5 ks Autogen, 1 ks Svařovací agregát – plasma, 1 ks Svařovací robot CastroRB100 MAG 135 (Fronius Trans Puls Synergic 5000)

Laser Tracker - Radian™ vysoce přesný přenosný laserový měřicí přístroj pro velkoobsahová (Měřidlo 3D) měření - Metrologie

Měřicí rameno: NIKON – MCAx
7 osé

Měřicí zařízení: Dynobend MM6-2,5-1,5 B834
S měřicím ramenem: ROMER RA-7335-2
6 osový
Rozsah měření X a Z do 3,5 m, Y 5000 mm

Společnost seele pilsen s.r.o disponuje v současné době dvěma přesnějšími měřicími přístroji. Prvních z nich je Laser Tracker - Radian™, vysoce přesný přenosný měřicí přístroj. Jedná se o měření 3D s přesností až jeden mikrón. Tato přesnost je tabulkovou hodnotou od

výrobce. Využívá se k měření velkoobjemových výrobků v měřícím rádiu 20 metrů. Firma využívá toto měřící zařízení k vyrovnávání strojů pro výrobu skel a celkovému měření svařených architektonických dílů, které jsou expedovány do celého světa, zejména pak do Spojených států amerických a Číny.

K měření se dále využívá sedmiosé měřící rameno od Japonské společnosti Nikon, které využívá pracoviště u CNC obráběcích center, ale je k dispozici celému provozu. U měřícího ramene se dostáváme na setiny milimetru. Ostatní měření ve výrobě probíhají s využitím mikrometrů a posuvných měřitek různých délek od 200 mm až po 2 000 mm. Větší a objemnější díly měří s využitím ocelových pásem, pravítek. Rovnání dlouhých svařenců probíhá osvědčenou provázkovou metodou, což je metoda, která je velice rychlá a snadná.

Každý zaměstnanec disponuje kalibrovaným metrem, několika úhelníky a rýsplechem, posuvným měřítkem a dalším základním vybavením, které je nezbytné k vykonání pracovního úkolu. Měření metrických závitů probíhá pomocí kalibrů, jak pro vnější tak i vnitřní. Pro každodenní využití disponuje společnost sadou kalibrů., ale pokud se jedná o specifické závity, musí už dojít k zapůjčení měřidel a dalšího vybavení. Seele pilsen s.r.o vyrábí atypické stavby podle renomovaných architektů a klade důraz na kvalitu výstupních dat směrem k zákazníkovi.

Výsledné měření a vystavení protokolu o měření probíhá vždy na již zmíněném 3D měřící stroji. Z měření pak vzniká protokol o měření, který je následně předán spolu s výrobní dokumentací, atesty od materiálu a dalšími dokumenty vzniklých z výroby samotnému zákazníkovi.

3 APLIKACE MSA

Metodika MSA je zaměřena především na procesy měření, kde existuje možnost opakovatelnosti. Jejím cílem je omezovat vývoj metod analýz vhodných pro určité procesy nebo komodity. Metodika analýzy systému měření vznikla v roce 1990 jako poptávka po sjednocení individuálních směrnic společností Ford, Chrysler a General Motors pro určení kvality naměřených dat a pro určení vztahu mezi proměnnými. Velmi častým důvodem vzniku databáze nízké kvality je to, že existuje mnoho variabilit u naměřených dat, přičemž je variabilita zapříčiněna vzájemným působením mezi prostředím a systémem měření. Proto je velmi důležité, aby v konečné fázi byla generována data pouze přijatelné kvality. [9]

3.1 Systém měření

Systém měření je komplex přístrojů nebo měřidel, etalonů, operací, přípravků, prostředí a předpokladů používaných ke kvantifikaci jednotky měření.

Abychom mohli efektivně a kvalitně řídit variabilitu zkoumaného procesu je potřeba vědět, co by měl proces dělat, co se může pokazit a co proces dělá. U poruch procesu je účelem analýzy navrhnout nápravné opatření ještě před tím, než vůbec nějaká porucha nastane. Výsledek který zjistíme se pak promítne do plánu kontroly a řízení.

Kontrola je činnost, která vyšetřuje parametry procesu, rozpracovaných dílů nebo dokončených produktů a to za pomoci vhodných etalonů a měřícího zařízení. Kontrola umožní pozorovateli potvrdit nebo odmítnout, že proces pracuje v souladu s cílovou hodnotou, přijatelným způsobem a vhodnou variabilitou, kterou si určil zákazník.

V rámci hodnocení systému měření je důležité věnovat se třem základním okruhům, a to odpovídající citlivosti, stabilitě a statistickým vlastnostem, které musejí být adekvátní pro daný účel měření.

Systém měření musí prokázat odpovídající citlivost. Za prvé je důležité položit si otázku, zda-li má přístroj a etalon odpovídající práh citlivosti. Práh citlivosti slouží jako výchozí bod pro určení vhodného systému měření. V praxi se běžně používá „zásada deseti“,

podle které má práh citlivosti rozdělit toleranci na deset nebo více částí. Za druhé je důležité klást otázku, zda-li systém měření prokazuje efektivní rozlišitelnost. S ohledem na práh citlivosti se určí, zda má systém měření požadovanou citlivost pro zjišťování změn variability produktu nebo procesu.

Druhou podmínkou je stabilita systému měření. Opakovatelnost je variabilita systému měření, která je způsobena pouze náhodnými příčinami, a nikoliv zvláštními příčinami. Zároveň je důležité, aby pracovníci, kteří provádějí analýzu měření brali v potaz praktický a statistický význam.

Třetí a poslední podmínkou jsou adekvátní statistické vlastnosti, které se shodují v očekávaném rozsahu a jsou odpovídající pro řízení daného produktu nebo regulaci procesu.
[1]

3.2 Statistické vlastnosti systému měření

Ideální systém měření je takový systém, jehož výsledkem by byla jen správná a přesná měření. Systém měření, který by produkoval pouze správná měření by se měl vyznačovat takovými statistickými vlastnostmi jako je nulový rozptyl, nulová strannost a nulová pravděpodobnost u produktu, u něhož se provádělo měření. Dalšími důležitými vlastnostmi jsou například náklady a snadnost použití. Bohužel se ale tyto systémy měření objevují zřídka a tak jsou pracovníci nuceni používat systém měření, který má méně žádoucí statistické vlastnosti měření.

Pro každý proces se požadují odlišné statistické vlastnosti, jakožto i přijatelné metody jejich měření. Ačkoli se může zdát, že každý systém měření požaduje odlišné statistické vlastnosti existují určité základní vlastnosti, které definují onen správný systém měření.

Mezi ně patří:

- odpovídající práh citlivosti a obecně citlivost. Pro účely měření by měly být přírůstky míry malé

- systém měření ve statisticky zvládnutém stavu. To vychází z předpokladu, že variabilita systému měření je způsobena pouze náhodnými příčinami, nikoli zvláštními příčinami. Označujeme to jako statistickou stabilitu.
- variabilita systému měření je v porovnání s mezními hodnotami danými specifikací malá
- variabilita systému měření by měla prokazovat efektivní rozlišitelnost a být malá v porovnání s variabilitou výrobního procesu. [1]

Společnost, respektive kolektiv, který systém měření provádí je odpovědný za identifikaci statistických vlastností, které jsou důležité pro výsledné použití dat. Rovněž jsou odpovědné za to, aby tyto statistické vlastnosti byly použity jako základ pro správný výběr metody jejich měření.

Podobně jako je tomu u ostatních procesů je systém měření ovlivněn jak systematickými tak náhodnými zdroji variability. Pro řízení variability systému měření se identifikují možné zdroje. Zdroje variability se eliminují kdykoli je to možné nebo se monitorují tyto zdroje proměnné.

Přestože je obtížné specifikovat příčiny, lze vymezit typické zdroje variability. Mohou to být různá schémata a digramy poruchových stav. Pro vyjádření šesti základních prvků obecného systému měření se používá akronym SWIPE. SWIPE znamená etalon, obrobek, přístroj, pracovník, postup a prostředí.

S	Etalon
W	Workpiece
I	Instrument
P	Person
E	Environment

Etalon může být cokoliv, co bylo na základě souhlasu označeno jako základ vhodný pro pozorování. Modelem může být jak výrobek, tak i různý přístroj, postup, který vymezil a zpracoval určitý úřad jako pravidlo pro měření množství, hmotnosti, rozsahu, hodnoty nebo kvality.

Jakost systému měření se posuzuje na základě mnoha statistických vlastností jako je například opakovatelnost, reprodukovatelnost, shodnost, strannost a opakovatelnost a reprodukovatelnost měřidla neboli GRR. [1]

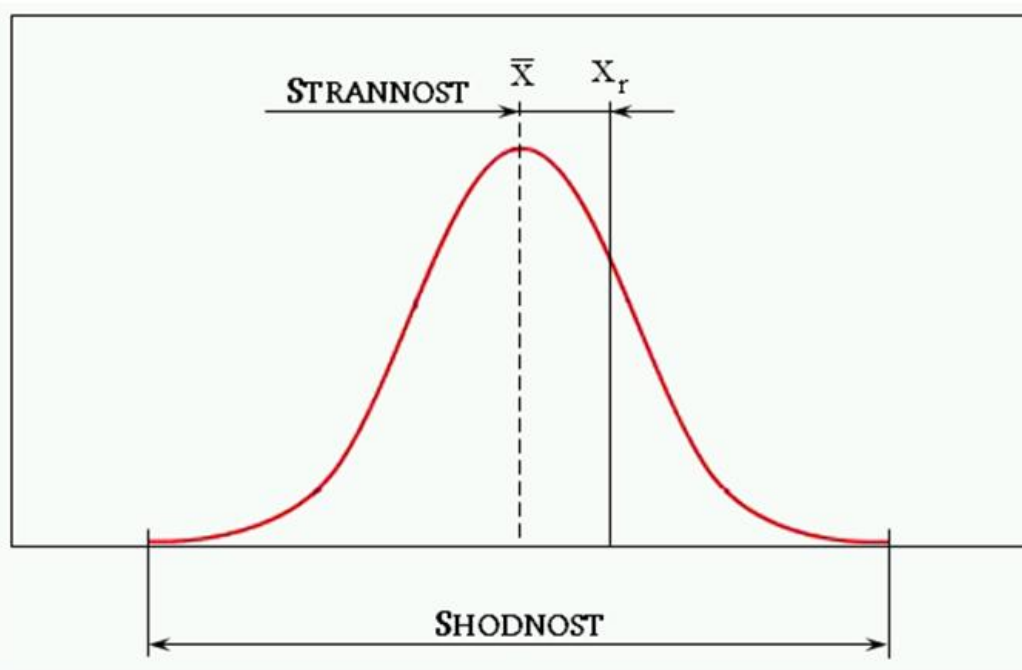
3.2.1 Práh citlivosti

Práh citlivosti je velikost změny vzhledem k referenční hodnotě, kterou může přístroj zjistit a identifikovat. Základem prahu citlivosti je zásada, že práh citlivosti měřícího přístroje by měl činit nejméně jednu desetinu měřeného rozsahu. Běžně se o tomto rozsahu hovoří jako o specifikaci produktu. V dnešní době se význam pravidla 10 ku 1 interpretuje jako schopnost měřící přístroje zajistit práh citlivosti o velikosti rovnající se nejméně jedné desetiné variability procesu. Postrádá-li systém měření práh citlivosti, nemusí se jednat o vhodný systém pro identifikování variability procesu nebo pro kvantifikování charakteristických hodnot. Pokud tato situace nastane je vhodnější použít jiné metody měření. [1]

3.2.2 Shodnost a strannost

3.2.2.1 Shodnost

Shodnost se vyjadřuje jako celkový účinek prahu citlivosti, citlivosti a opakovatelnosti v provozním rozsahu systému měření. Shodnost je charakterizována jako působení náhodných chyb měření. Mírou shodnosti je obvykle neshodnost, která se vyjadřuje pomocí směrodatné odchylky výsledku měření. V praxi se shodnost nejčastěji využívá k popisu očekávané variability opakovaných výsledků měření v daném rozsahu. Tím rozsahem může být velikost nebo čas. [1]

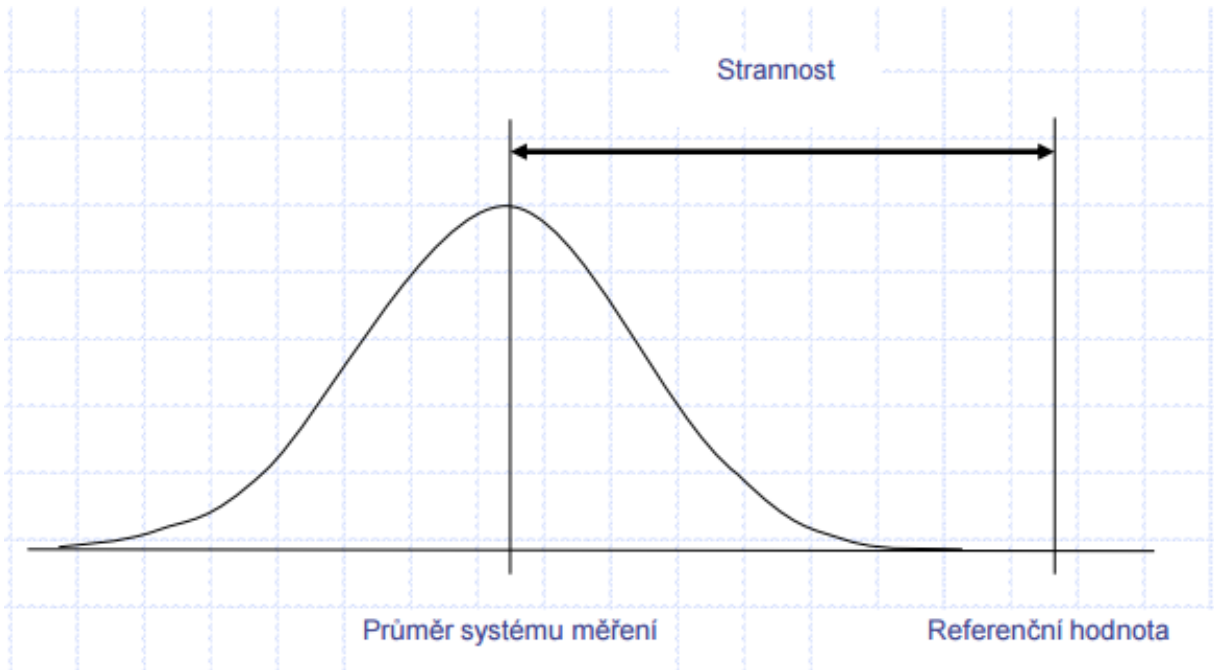


Obrázek 6
Vyjádření shodnosti
Dostupné na: <http://slideplayer.cz/slide/2443794/>

3.2.2.2 Strannost

Strannost je rozdíl mezi pravou hodnotou a pozorovanou průměrnou hodnotou měření na stejném dílu. Strannost je považována jako systematická chyba měření a je to rozdíl mezi referenční hodnotou a průměrem měření. Důvodem vzniku mohou být příčiny jako například nesprávná kalibrace nebo nesprávně vybraná metoda pro daný účel měření.

Příčin nadměrné strannosti může být několik. Například není přístroj správně nakalibrován nebo může být opotřebený. Další příčinou může být špatná kvalita přístroje, chyba linearity, špatné měřidlo pro danou aplikaci, deformace (měřidla nebo dílu), odlišná metoda měření nebo nevhodně zvolené prostředí. [1]



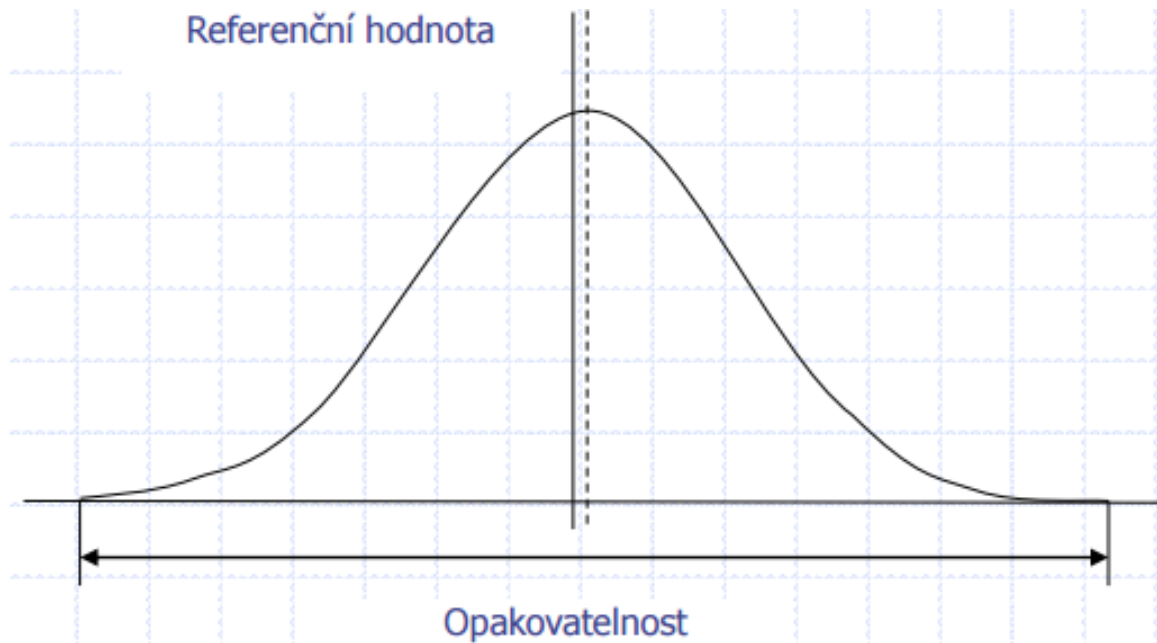
Obrázek 7
Vyjádření strannosti
Dostupné na: isq.cz/npj/2006/04%20-%202011%20-%20MSA.ppt

3.2.3 Opakovatelnost a reprodukovatelnost

3.2.3.1 Opakovatelnost

Opakovatelnost se charakterizuje jako variabilita operátora. Podmínka opakovatelnosti měření obsahuje stejný postup měření u téhož dílu, stejný obslužný personál, stejné místo a podmínky, stejný měřicí systém a to vše v krátkodobých časových úsecích. Opakovatelnost je vlastností metody, ne výsledku. [5]

V rámci opakovatelnosti může docházet k možným chybám, a to například uvnitř dílu, přístroje, etalonu, metody, operátora nebo prostředí. Může také docházet k chybě, která pramení z porušení předpokladu zajištění správného a stabilního provozu. Dalšími příčinami chybné opakovatelnosti mohou být deformace měřidla nebo dílu, nedostatečná pevnost, nesprávně zvolené měřidlo pro danou aplikaci nebo špatná uniformita.



Obrázek 8
Opakovatelnost
Dostupné na: <http://slideplayer.cz/slide/2443794/>

3.2.3.2 Reprodukovatelnost

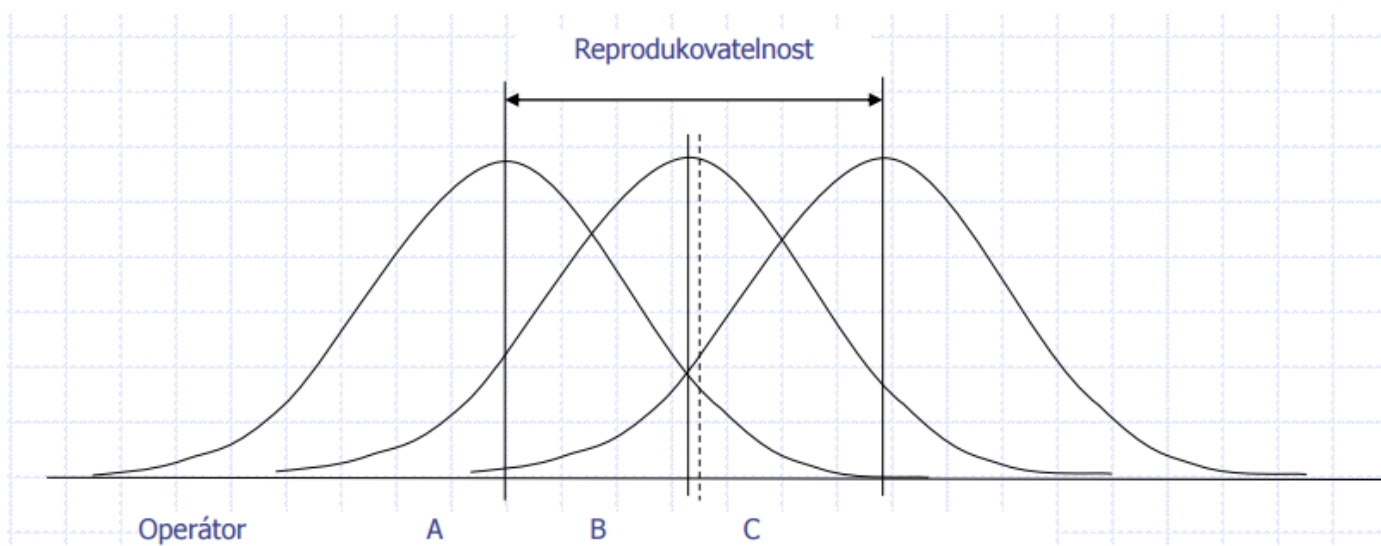
Reprodukovatelnost se běžně označuje jako variabilita mezi operátory. Na rozdíl od opakovatelnosti je podmínkou reprodukovatelnosti měření na různém místě, odlišným pracovníkem, měřicím systémem a opakování měření na stejném nebo odlišném místě avšak stejnou metodou. To však neplatí pro všechny procesy měření, neboť u automatizovaných systémů u nichž není obsluha hlavním zdrojem variability.

I u reprodukovatelnosti mohou vzniknout potencionální zdroje chyb, a to mezi díly, přístroji, etalony, metodami, operátory a prostředím. Zároveň může dojít ke vzniku zdroje chyb pokud je porušen předpoklad ve studii, nebo pokud návrh přístroje nebo metoda prostrádají robustnost, efektivnost výcviku obsluhy, apod.

3.2.3.3 Opakovatelnost a reprodukovatelnost měřidla (GRR nebo Gage R&R)

Studie opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřidla umožňuje stanovit, kolik zkoumaných proměnných vzniká v důsledku variability systému měření.

Na měření kvantitativních proměnných se využívá studium opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měření. [6]



Obrázek 9

Reprodukovatelnost

Dostupné na: http://gps.fme.vutbr.cz/STAH_INFO/31_Pernikar_VUTBR.pdf

Metody pro určování opakovatelnosti a reprodukovatelnosti

Použití metod je nenáročné a zároveň snadno aplikovatelné do výroby. Zkušební metoda, které má být využito k pochopení systému měření a ke kvantitativnímu vyjádření jeho variability závisí na zdrojích variability. Ti mohou systém měření do značné míry ovlivňovat. Za hlavní zdroje variability lze považovat zařízení, pracovníka a metodu nebo postup měření.

Metody jsou vhodné k použití jestliže splňují určité požadavky. Zkoumají se pouze dva faktory nebo podmínky měření a opakovatelnost systému měření. Současně je účinek

variability uvnitř každého dílu zanedbatelný, neexistuje interakce mezi operátory a díly se během zkoumání funkčně nebo rozměrově nemění.

Metod řešení je několik. Já si pro svoji diplomovou práci vybral jen jednu z nich, a to metodu založenou na průměru a rozpětí. [1]

Metoda založená na rozpětí

Metoda založená na rozpětí je studie spojitého měřidla, která umožňuje rychlé přiblížení variability měření. Metoda nerozkládá variabilitu na opakovatelnost a reprodukovatelnost. V praxi se běžně používá pro rychlou kontrolu s cílem ověřit, zda došlo ke GRR či nikoli.

Tato metoda obvykle v praxi využívá při studiu dva operátory a pět dílů, kdy oba operátoři měří každý díl jednou. Rozpětí pro každý díl je dáno absolutní hodnotou rozdílu mezi výsledkem měření, který získal operátor první a mezi výsledkem měření, který získal operátor druhý. Zjistí se součet rozpětí a vypočítá se průměrné rozpětí (\bar{R}) .

Díly	Operátor A	Operátor B	Rozpětí (A, B)
1	0,85	0,80	0,05
2	0,75	0,70	0,05
3	1,00	0,95	0,05
4	0,45	0,55	0,10
5	0,50	0,60	0,10

$$\text{Průměrné rozpětí } (\bar{R}) = \frac{\sum R_i}{5} = \frac{0,35}{5} = 0,07$$

$$GRR = \left(\frac{\bar{R}}{d_2^*} \right) = \left(\frac{0,07}{1,19} \right) = 0,0588$$

(směrodatná odchylka procesu = 0,0777 podle předchozí studie)

$$\%GRR = 100 * \left(\frac{GRR}{\text{směrodatná odchylka procesu}} \right) = 75,7 \%$$

Obrázek 10

Příklad možného využití metody založené na rozpětí

Dostupné na: isq.cz/npj/2006/04%20-%202011%20-%2020MSA.ppt

Metoda založená na průměru a rozpětí

Metoda založená na průměru a rozpětí je způsob, který nám poskytuje odhad jak reprodukovatelnosti, tak i opakovatelnosti systému měření. Na rozdíl od metody založené na rozpětí nám tento způsob umožňuje rozložit variability systému měření na dvě samostatné jednotky, na opakovatelnost a reprodukovatelnost. Co už nám ale tato metoda nevyjádří je jejich vzájemné působení neboli interakce. [1]

3.2.4 Paretova analýza

Paretova analýza nebo-li Paretův graf je jedním ze základních nástrojů řízení kvality podniku. Nese jméno podle Vilfreda Pareta, který jej poprvé použil v 19. století v Itálii. Vilfredo Pareto díky této analýze dokázal popsat rozložení bohatství mezi obyvateli, přičemž zjistil, že 80% veškerého bohatství vlastní pouze 20% obyvatel.

Dalším, kdo se zabýval Paretovým principem byl J.M.Juran, který tento postup aplikoval do oblastí řízení kvality. Formulace byla velice obdobná. Většina následků – tedy problémů s kvalitou asi 80%, je zapříčiněna jen pouhými 20% příčin z celkového počtu. To znamená pro konečného zákazníka to, že pouze malé procento příčin ovlivňuje většinu závad. Tyto příčiny pak nazval „ životně důležitou menšinou“. Na tyto příčiny je potřeba se v další analýze procesu zaměřit, zanalyzovat je do hloubky a odstranit či minimalizovat jejich působení. [1]

Paretův princip pomohl nahlédnout do podstaty jevů a pomáhá nám rozdělit podstatné činitele od těch méně podstatných. Proto je důležité věnovat pozornost nejpodstatnějším problémům, než věnovat pozornost a čas všem zjištěným nedostatkům.

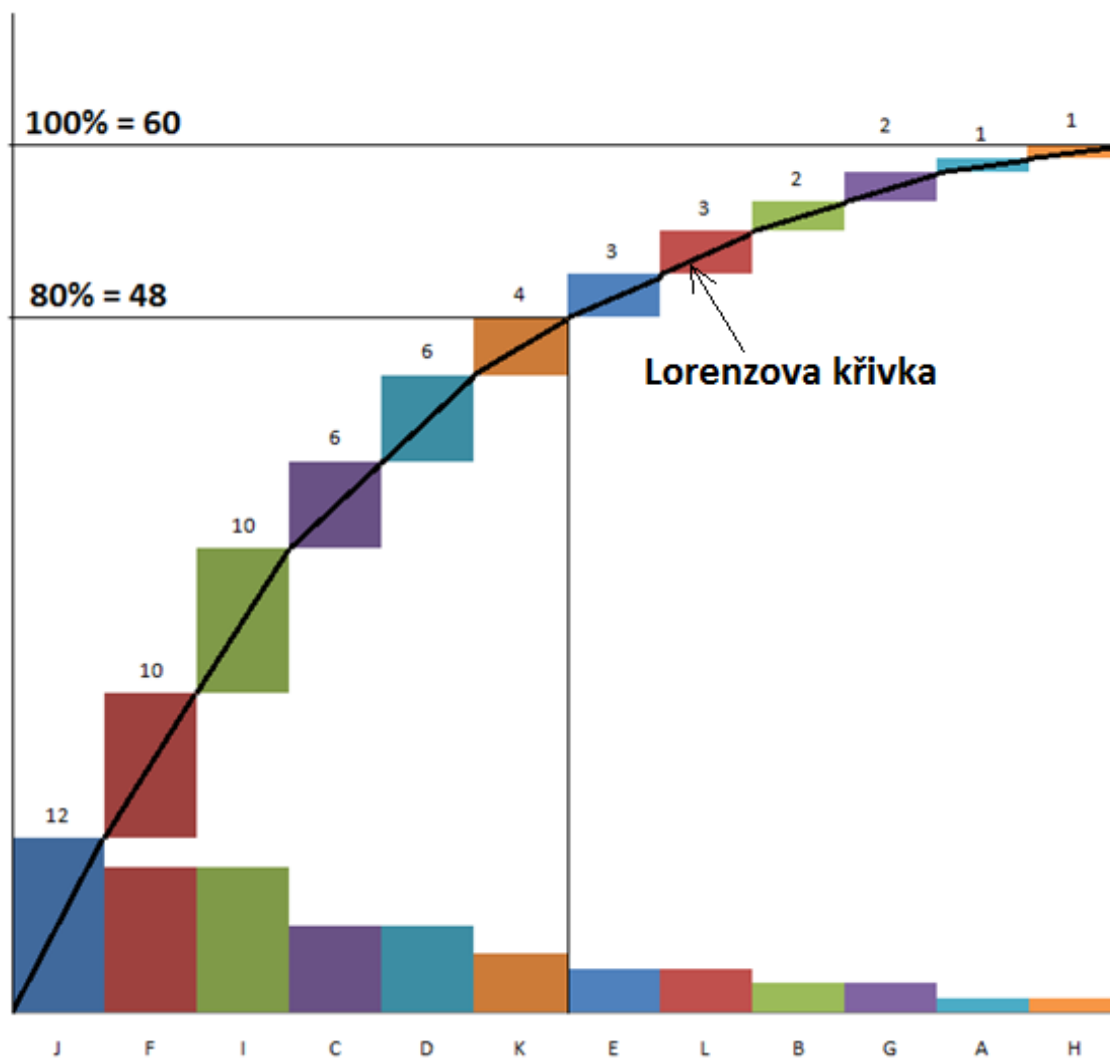
Paretův diagram graficky znázorňuje jednotlivé příčiny. Dále pak umožňuje rozlišit do jednotlivých skupin podle příčin. Specifikace životně důležité menšiny umožní se soustředit na vyřešení těch nejzávažnějších problémů a nedostatků.



Obrázek 11
Vyjádření životně důležité menšiny
Dostupné na : https://en.wikipedia.org/wiki/Pareto_chart

Postup pro vypracování Paretovy analýzy:

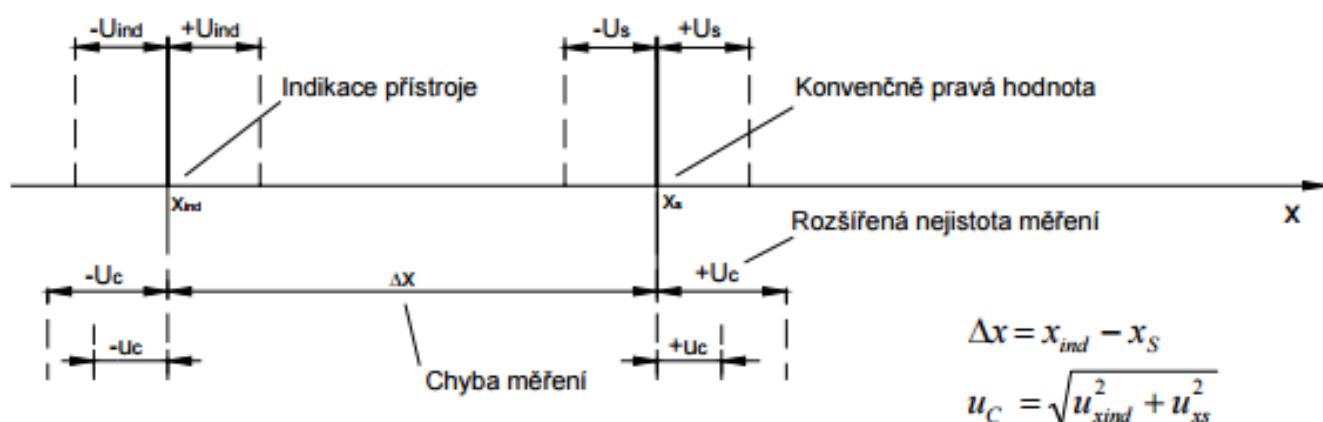
1. Zvolit si oddíl činnosti, který chceme řešit
2. Stanovit kritérium hodnocení podle četnosti nebo nákladů
3. Určit časový interval pro vyhodnocení
4. Shromáždit potřebné data pro hodnocení za předem stanovený časový úsek
5. Seřadit data podle jejich příčin
6. Spočítat kumulovanou četnost všech příčin
7. Vytvořit sloupcový graf podle četností příčin sestupným způsobem
8. Sestrojení Lorenzovy křivky
9. Spočítání meze na 80% četnosti
10. Podrobit všechny příčiny pod hranicí 80% za použití těch správných nástrojů kvality [10]



Obrázek 12
Paretův graf
Dostupné na: <http://www.managers-net.com/paretoanalysis.html>

3.3 Nejistota měření

Nejistoty měření se do běžné praxe dostaly na začátku 90.let. V roce 1990 byl vydán dokument WECC 19/90, který v sobě zahrnoval základní jednotící předpisy závazné pro všechny akreditované laboratoře v rámci organizace WECC neboli Západočeského kalibračního sdružení. Hned poté je výsledek bez uvedené nejistoty považován za naprosto nevyhovující a samotný vztah mezi chybou měření a nejistotou lze zdokumentovat i na grafickém znázornění výsledku měření při kalibraci.[8]



Pojmy:

U_{ind} - rozšířená nejistota indikace zkoušeného měřidla,

U_s - rozšířená nejistota konvenčně pravé hodnoty,

U_c - rozšířená nejistota měření,

Δx - chyba měření,

x_{ind} - indikace zkoušeného přístroje,

x_s - konvenčně pravá hodnota,

u_c - standardní kombinovaná nejistota chyby měření ($2 \cdot u_c = U_c$),

$u_{x_{ind}}$ - standardní nejistota hodnoty x_{ind} ,

u_{x_s} - standardní nejistota hodnoty x_s .

Obrázek 13

Znázornění nejistoty měření při kalibraci

Dostupné na: http://gps.fime.vutbr.cz/STAH_INFO/31_Pernikar_VUTBR.pdf

Termín nejistota měření se běžně používá mezinárodně k popsání kvality hodnoty měření. Vyžaduje mnoho norem zákazníků a norem na systémy kvality, aby nejistota měření byla známa a byla konzistentní s požadovanou způsobilostí měření libovolného kontrolního, měřicího nebo zkušebního zařízení.

Pokud hovoříme o nejistotě pak se jedná o hodnotu, která je přiřazena výsledku měření, který popisuje rozsah, v němž se očekává, že leží pravá hodnota měření. Nejistota je chápána jako oboustranná veličina, která je vyjádřena takto:

$$\text{Pravá hodnota měření} = \text{pozorovaná hodnota měření (výsledek)} \pm U$$

U značí rozšířenou nejistotu měřené veličiny a výsledku měření. Rozšířená nejistota je kombinovaná směrodatná chyba (u_c) nebo směrodatná odchylka kombinovaných chyb, ať už náhodných nebo systematických v procesu měření, násobeno faktorem pokrytí (k), který představuje plochu normálního rozdělení pro požadovanou konfidenční úroveň.

V rámci systému měření je důležité si uvědomit, že nejistota měření je odhad toho, jak může měření v čase kolísat. Musí se brát v potaz všechny důležité zdroje variability měření, včetně chyby kalibrace hlavních etalonů, metody, prostředí, které nebyly dříve zohledněny. Ve většině případů se bude pak tento odhad používat pro vyjádření těchto významných směrodatných chyb u metod MSA a GRR. [1]

3.4 Příprava pro využití systému měření

Před každou studií nebo analýzou systému měření by měla následovat odpovídající příprava a tomu odpovídající naplánování samotného průběhu. Přípravu je dále také vhodně rozdělit do několika kroků:

- 1) Zpočátku je důležité stanovit, zda-li je k dispozici takový systém měření, který je aplikovatelný v dané společnosti. Například se může provádět vizuální pozorování, zda je nějaká provázanost mezi vlivem operátora na používání měřicího přístroje a zda-li má vliv operátor na samotnou kalibraci měřidla. Mohou se objevit určité systémy měření, pro které mohou být vlivy jako například opakovatelnost

zanedbatelné. Zároveň je také vhodné se zamyslet nad samotným technickým posouzením a nad studií používání samotného přístroje.

- 2) V dalších krocích je dobré se zamyslet nad počtem operátorů, které jsou potřeba k nasbírání měřených hodnot. Důležitý je také počet vybraných dílů k měření a v neposlední řadě i počet opakovaných odečtů. Zároveň je také důležité nezapomenout na další faktory, které se musí zvážit v této oblasti plánování:
 - A) kritičnost rozměru- kritické nebo obtížně měřitelné rozměry si žádají o větší počet měření nebo vyšší počet patřičných zkoušek.
 - B) konfigurace dílu- rozměrné díly nebo těžké kusy budou potřebovat větší počet měření a zkoumání než menší, lépe manipulovatelné díly, při nižším počtu měřených vzorků
 - C) v poslední řadě se nesmí opomenout požadavky dané zákazníkem
- 3) Aby bylo stanoveno objektivní hodnocení systému měření, je potřeba si zvolit jako operátory měření právě ty pracovníky, kteří měřící přístroj běžně denně používají ke své práci
- 4) Výběr dílů je zcela zásadní pro vhodnou studii systému měření a velice důležitý pro návrh analýzy MSA. Tato selekce dílů ovlivňuje účel systému měření. Velký rozdíl pak nastává při kontrole výrobku a při kontrole procesu. U výrobku, kde výsledným hodnocením je „vyhověl nebo nevyhověl pro ujasnění dané specifikace“ (to znamená při 100% kontrole a výrobě vzorků), se vybírají kusy. Tyto kusy však nemusí představovat celý rozsah procesní variability. Výsledné měření celkového systému měření se opírá o celkovou toleranci dané specifikace. V praxi to znamená, že procentuální vyjádření GRR je k toleranci.

V druhém případě, kdy vyhodnocení měření a rozhodovací kritérium je představeno jako „stabilita procesu“ je potřeba mít vzorky nebo etalony v plném rozsahu. Tento předpoklad je velice důležitý pro monitorování a zlepšování procesu. V praxi se pak využívá objektivní odhad variability procesu pro stanovení korektnosti systému měření. To znamená %GRR vztaženou k variabilitě procesu. Pokud není při měření

k dispozici objektivní odhad variability procesu je možné pracovat s díly, které jsou vzaty přímo z výrobního procesu. Těch může být ale využito pouze v případě, že budou vybrané díly představovat celý rozsah výrobní tolerance.

Získané kusy by měly být vybrány v náhodném pořadí po dobu jednoho měsíce a zároveň by měl být kladen velký důraz na to, aby díly představovaly celé rozpětí variability výroby procesu. Vybrané kusy se vždy budou měřit na několika místech vždy několikrát a budou měřeny několika operátory, proto je dobré je při provádění měření označit číslem na spodní stranu. Toto označení je dobrá pomůcka v případě že by si operátoři výsledky měření nepamatovali.

- 5) Měření bude probíhat na 7-osém měřícím rameni od společnosti Nikon. Tento měřící aparát zaručuje přímé vyhodnocení stanovené charakteristiky na jednu desetinu variability procesu. Japonský výrobce měřících ramen Nikon udává měřící schopnost na setiny milimetru, takže podmínka jedné desetin variability procesu je splněna.
- 6) V posledním bodě je nezbytné dohlédnout na to, aby byl dodržen postup měření, a aby každý operátor měřil stanovenou charakteristiku.

Samotný způsob, kterým bude studie provedena je velice důležitý. Pro požadovanou analýzu je nutné předpokládat statistickou nezávislost mezi každým jednotlivým odečtem. Pokud byly při přípravě analýzy stanoveny určité kroky, pak je nutné tyto kroky dodržet v celém procesu sbírání dat.

Samotné měření se bude připravovat operátorům v náhodném pořadí, aby se zajistilo, že změny které by mohly vzniknout během postupu, budou v celém procesu náhodně rozmístěny. Operátoři, kteří jsou pro měření k dispozici, nebudou seznámeni s dílem, na kterém zrovna měří. Tím se dosáhne objektivního výsledku měření. Dále je vhodné se vyhnout takové možnosti, že si operátoři budou své předchozí odečty pamatovat (znalostní strannost), jelikož vybrané kusy jsou pro operátory předem připravené, a tak je snadné mít přehled o tom, který kus daný operátor měří a zároveň kolikátou zkoušku provádí.

Operátoři při odečítání z měřicího zařízení hlásí poslední číslici, kterou vidí na displeji. Toto odečítání je předem stanovené v plánu měření a je platné pro všechny operátory zároveň.

Samotná analýza, odečítání a zapisování hodnot probíhá vždy za dozoru. Studie je časově náročná z důvodu střídání operátorů ve směnách a právě proto by tato studie měla mít velkou vypovídající hodnotu. Ve společnosti seele pilsen s. r. o pracují tři zaměstnanci, kteří využívají běžně a každodenně měřicí rameno k vykonání pracovních úkolů, a proto bylo vhodné vybrat k samotnému měření právě tyto pracovníky.

Při samotném provádění všech naplánovaných kroků z přípravy měření je důležité mít nad tím kontrolu. Také by zde měla být snaha docílit běžného odečítání hodnot, na které jsou operátoři zvyklí a jsou pro ně rutinní záležitostí. Snažit se vyvarovat všech rozdílů a změn, jaké mohou při měření vzniknout, jelikož by se tyto odchylky samozřejmě projevíly v reprodukovatelnosti systému měření.

Po fázi přípravy a shromáždění všech potřebných věcí k provedení zkoumání systému je čas přesunout se k vlastnímu měření a aplikaci analýzy. Seele pilsen s.r.o disponuje měřicím ramenem od společnosti Nikon. Rameno je vybaveno kloubovými mechanismy, které zaručují měření v 7 osách. Je vyrobeno z uhlíkových vláken, které dávají ramenu velkou pevnost s minimální vahou, proto je možnost měřit a ovládat přístroj jednou rukou a měření je tak velice pohodlné a rychlé.

Měřicí přístroj je disponován u obráběcího 5-ti osého obráběcího centra. Jak obráběcí, tak i měřicí přístroj jsou separovány od výrobní haly vlastní skleněnou místností, a to z důvodu probíhajících zámečnických prací ve výrobních prostorách. V halových prostorách je ve vzduchu vysoké procento kovových částic a ty mají negativní vliv na chod obráběcích mašin a všech přesných měřicích přístrojů. Měřicí rameno je upevněné ke kovovému stolu v rohu místnosti. Je zde vymezený prostor pro kontrolu již zhotovených výrobků, které putují z obráběcího centra na výrobní halu. Výrobky jsou určeny pro prvotní předmontáž, která je základem úspěchu pro odeslání konstrukce do zahraničí. Společnost seele pilsen s.r.o zaměstnává dva obráběče, kteří obsluhují jak obráběcí stroj, tak i měřicí rameno. Dále pak zaměstnávající z oddělení kontroly, který zajišťuje všechna měřidla a kalibry ve společnosti.

Stará se o školení zaměstnanců, aktualizace softwarů a další aktivity spojené s měřením v seele pilsen s.r.o.



Obrázek 14

Měřicí rameno ve společnosti seele pilsen s. r.o

Dostupné na: <http://www.directindustry.com/prod/nikon-metrology/articulated-3d-measuring-arms-21023-438093.html>

Spolu s měřícím ramenem využívá společnost laptop, který po propojení s přístrojem slouží k odečtu naměřených dat. Toto spojení umožňuje narovnání měřeného objektu, přímo na 3D vytvořený model. Nejčastěji se používá formát .stp. Operátoři si stahují hotové modely k měření z firemní sítě do počítače. Modely jsou vytvořeny pracovníkem v konstrukčním oddělení. Stejně tak se posílají data a programy přímo do obráběcího centra.



Obrázek 15
Měřicí stanoviště ve společnosti seele pilsen s.r.o

3.5 Měření a sběr dat pro určení stability systému měření

Jak již bylo zmíněno, ve společnosti seele pilsen s.r.o. pracují pracovníci, kteří zabezpečují chod měření na měřicím rameni. A právě tito pracovníci byli požádáni o pomoc při přezkoumání způsobilosti procesu. V prvním kroku bylo stanoveno měření hvězd pro samonosnou konstrukci střechy obchodního centra v Austrálii – Chadstone Shopping Center. Jedná se o patentovaný systém německé společnosti. Spočívá ve spojení obráběného kusu „hvězdy“ v tomto případě čtyřcípé a další návaznosti svařeného segmentu ve tvaru obdélníku. Tyto profily se vždy liší, podle požadavků zákazníků. „Hvězdy“ mohou být skládané z přesných výpalků, pokud je potřeba redukovat hmotnost celé střechy, nebo jako v tomto případě obráběného, plného materiálu. V některých případech se jedná o kombinaci uzlů. Svařované profily se také liší průřezem a velikostí. Od trojúhelníkových až po čtvercové, kruhové a obdélníkové.

Metoda založená na průměru a rozpětí ukazuje přiměřený odhad opakovatelnosti a reprodukovatelnosti systému měření. Jde o způsob rozdělení variability systému měření na dvě samostatné a oddělené skupiny hodnot.

Nevýhodou této metody je, že nevyjadřuje vzájemné působení mezi těmito složkami jako jiná, odlišná metoda. Proto se interakce mezi měřícím pracovníkem a používaným měřidlem nezmiňuje.

Tři zvolení operátoři, 10 vybraných dílů, k zajištění předpokládané nebo dokonce skutečné rozpětí variability procesu.



Obrázek 16
Označení hvězd pro měření



Obrázek 17
Kalibrační přípravek

Operátoři byli označeni velkými písmeny A, B, C. Pořadí vzniklo náhodným způsobem, podle ranní a odpolední směny. Díly byly označeny na spodní stranu hvězdy, kde je zhotoven závit pro manipulaci s dílem a upevnění pro měření k ocelové desce. Označení dílů se provedlo na spodní straně hvězdy u závitu, za který se bude upínat k měřicí desce. Díly byly označeny číslem 1 až 10.

Kalibrace měřidla se provedla 1. pracovníkem, ale není běžným postupem systému měření. Operátor ranní směny A – Šimka naměřil 10 připravených kusů v náhodném pořadí. Tato metoda není omezena počtem kusů v měření, ale z časové náročnosti se zvolilo $n=10$.

V odpoledních hodinách, kdy dochází ke střídání směn a rameno není plně využíváno, byl povolán k měření operátor B z oddělení kvality. Měření probíhalo obdobným, náhodným postupem. Na odpolední směně bylo pak provedeno tření a poslední měření obsluhou obráběcího centra- operátorem C. Tento cyklus se opakoval v dalších dvou týdnech. Aby bylo dosaženo třech měření. Data ze všech měření se postupně zaznamenávala do připravené tabulky pro průměr a rozpětí. Vždy podle operátora a příslušného dílu. K dispozici byly malé, dobře manipulovatelné díly, proto byl zvolen tento postup měření. Při velkoobjemových dílech by musel být zvolen postup měření jiný.

Operátor/ Výběr #	Součást										Průměr
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. A 1	198,04	198,03	198,08	198,03	198,04	198,02	198,01	198,07	198,09	198,02	##
2. 2	198,08	198,05	198,07	197,99	198,03	198,08	198,11	198,1	198,05	198,1	
3. 3	198,06	198,11	198,08	198,03	197,98	198,12	198,06	197,99	198,13	198,05	
4. Průměr	198,06	198,06	198,08	198,02	198,02	198,07	198,06	198,05	198,09	198,06	
5. Rozpětí	0,04	0,08	0,01	0,04	0,06	0,10	0,10	0,11	0,08	0,08	$\bar{R}_a = 0,07$
6. B 1	198,12	198,11	197,98	198,06	198,29	198,01	198,01	198,02	197,99	198,01	
7. 2	198,1	198,07	198,13	198,09	198,19	198,11	198,04	198,12	198,13	198,14	
8. 3	198,11	198,09	198,09	198,1	198,06	198,07	198,09	198,09	198,07	198,07	
9. Průměr	198,11	198,09	198,07	198,08	198,18	198,06	198,05	198,08	198,06	198,07	
10. Rozpětí	0,02	0,04	0,15	0,04	0,23	0,10	0,08	0,10	0,14	0,13	$\bar{R}_b = 0,10$
11. C 1	198,09	198,01	198,18	197,99	197,99	198,02	198,05	198,13	198,12	198,04	
12. 2	198,13	198,05	198,11	198,06	198,24	198,23	198,05	198,11	198,06	198,08	
13. 3	198,08	198,04	198,14	198,06	198,28	198,08	197,99	198,04	198,06	198,03	
14. Průměr	198,10	198,03	198,14	198,04	198,17	198,11	198,03	198,09	198,08	198,05	
15. Rozpětí	0,05	0,04	0,07	0,07	0,29	0,21	0,06	0,09	0,06	0,05	$\bar{R}_c = 0,10$
16. Prům. pro souč. (\bar{X}_p)	198,09	198,06	198,10	198,05	198,12	198,08	198,05	198,07	198,08	198,06	$\bar{X} = 198,08$ $\bar{R}_p = 0,08$
17.	$[\bar{R}_a] + [\bar{R}_b] + [\bar{R}_c] / [\# \text{ operátorů}] =$										$\bar{\bar{R}} = 0,09$
18.	$[\max \bar{X}] - [\min \bar{X}] = \bar{X}_{DIFF} = 0,03$										0,03
19.	$[\bar{R}] \cdot [D_4] = UCL_R = 0,23$										$D_4 = 2,58$ 0,23
Pokud je rozpětí jednotlivých trojic měření větší než UCL_R, je nutno toto měření opakovat nebo hodnoty vyřadit !											
Operátoři: A : Šimka B : Šuch C : Lempera											
Pozn.: $D_4 = 3,27$ pro 2 výběry a $2,58$ pro 3 výběry. $D_3 = 0$ pro 1 až 7 výběrů. $A_2 = 1,88$ pro 2 výběry a $1,023$ pro 3 výběry.											
Při vyplňování formuláře na PC se vyplňují pouze vystínované části. Výpočty i volba D_4 a A_2 se provádí automaticky.											

Měřidlo název:	Nikon MCAx II	SPC rozměr		Díl č.:	SM_2700
Měřidlo číslo:	-			Název:	Chadstone_star_SM2700
Měřil:	Jan Faltín	Rozměr:	198,00	# výběrů:	3
Datum:	23.3.2015	Tolerance:	0,30 -0,30	# operátorů:	3
$\bar{R} =$	0,0906	$\bar{X}_{DIFF} =$	0,029	$R_P =$	0,08
Analýza měřicí jednotky			% Celkový rozptyl (TV)		
Opakovatelnost - rozptyl přístroje (EV)			%EV = 100[EV/TV]		
$EV = \bar{R} \times K_1$		Výběry	K_1		
EV = 0,053546173		3	0,5908		
Reprodukovatelnost - rozptyl operátora (AV)			%AV = 100[AV/TV]		
$AV = \sqrt{(\bar{X}_{DIFF} \times K_2)^2 - (EV^2 / nr)}$		Operátoři	2	3	$n =$ počet součástí
AV = 0,01137		K_2	0,7071	0,5231	$r =$ počet výběrů
Opakovatelnost a reprodukovatelnost (R&R)			%GR&R = 54,74		
$R\&R = \sqrt{(EV^2 + AV^2)}$		Souč.	K_3		
R&R = 0,05474		2	0,7071		
Rozptyl u součástky (PV)			%PV = 114,0021		
$PV = \sqrt{(TV)^2 - (R\&R)^2}$		3	0,5231		
PV = 0,11400		4	0,4467		
		5	0,403		
		6	0,3742		
		7	0,3534		
		8	0,3375	ndc = 1,41*(PV/R&R)	
		9	0,3249	2,9365	
		10	0,3146		
Celkový rozptyl (TV)					
$TV = (USL-LSL)/6$					
TV = 0,1					

Výsledek:

System měření není přijatelný



Obrázek 18
Ukázka měření a značení hvězd pro metodu průměru a rozpětí ve společnosti seele pilsen s.r.o

Z výše uvedených výpočtů z metody o průměru a rozpětí vychází GRR nad 30%. To v praxi znamená, že proces je považovaný za nepřijatelný a je potřeba docílit změn, aby proces mohl být považován za statisticky zvládnutý. Musí být stanoveno opatření a zjištění chyby měření. Hodnota 54,74% GRR není přijatelná.

Pro tento stav je nutné zavést určitá opatření, abychom dosáhli snížení hodnoty GRR. Musí se stanovit příčiny, které měření ovlivňují. V této situaci je vhodné použít Paretovu analýzu, která rozdělí více podstatné faktory nebo zdroje chyb měření od těch méně podstatných. Snaha je definovat hlavní příčiny problémů vzniklých při měření. Díky své názorné prezentaci problémů je dobrým ukazatelem při určení priorit při zavádění nápravných opatření.

3.6 Paretova analýza

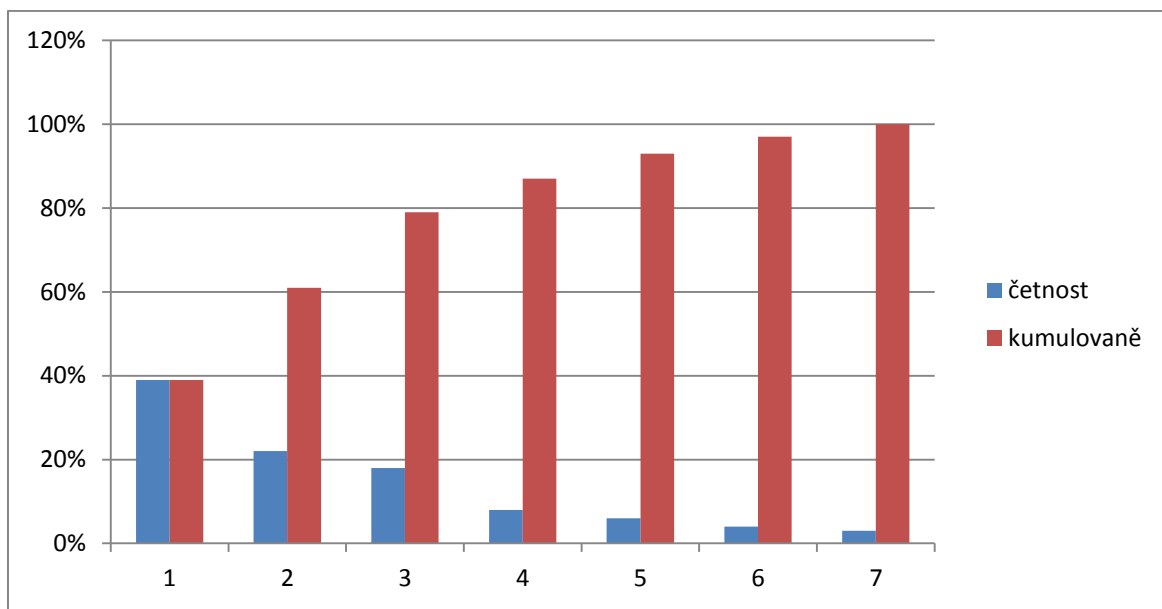
S využitím Paretovy analýzy se budeme snažit vyřešit nedostatky, které způsobují chyby při měření. Nutným prvkem pro aplikaci je určení kritéria hodnocení jako například četnost, náklady a podobně. Hodnocení se stanoví pro určité časové období. Důležitou součástí je samotný sběr dat během určeného časového úseku. Při výrobě obráběných hvězd se operátoři potýkali s několika problémy. Tyto poznatky se zapisují a evidují. Jsou seřazeny podle četností. Data lze použít pro lepší prozkoumání systému a následného vyvarování potenciální chyby. Všechny poznatky, připomínky a data je potřeba shrnout do tabulky podle příčin. Nadále se vykalkuluje kumulovaná četnost všech příčin, která se seřadí sestupně od největší četnosti po nejmenší. Z těchto četností se sestrojí sloupcový graf a „Lorenzova křivka“. V předposledním kroku se vypočítá hranice 80% četnosti příčin. Tato mez je ve většině případů kritériem pro stanovení příčin pro vyřešení problémů. Příčiny pod hranicí 80% musí podlehnout adekvátnímu řešení nebo opravení.

Paretův diagram (graf)				
Zdrojová tabulka				
Závada	Pořadí	četnost	kumulovaně	Sloupec1
Kalibrace	1	39%	39,0%	
Vliv prostředí	2	22%	61,0%	
Upnutí měřeného kusu	3	18%	79,0%	
Svědomitost operátora	4	8%	87,0%	
Chyba v CAM softwaru	5	6%	93,0%	
rávné najetí nulového	6	4%	97,0%	
Opožděná výměna VBD	7	3%	100,0%	

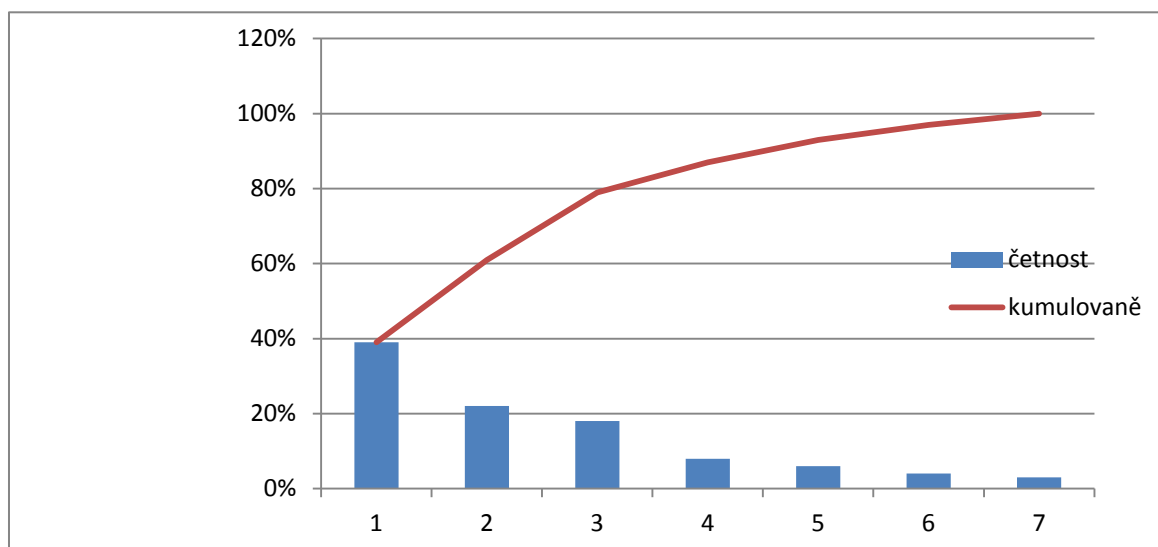
Obrázek 19
Zdrojová tabulka pro Paretův diagram

Zdrojová tabulka upravená				
			Pořadí 2	Kumulovaně
	Pořadí	četnost		
	1	39%	0,5	0%
	2	22%	1,5	39%
	3	18%	2,5	61%
	4	8%	3,5	79%
	5	6%	4,5	87%
	6	4%	5,5	93%
	7	3%	6,5	97%
			7,5	100%

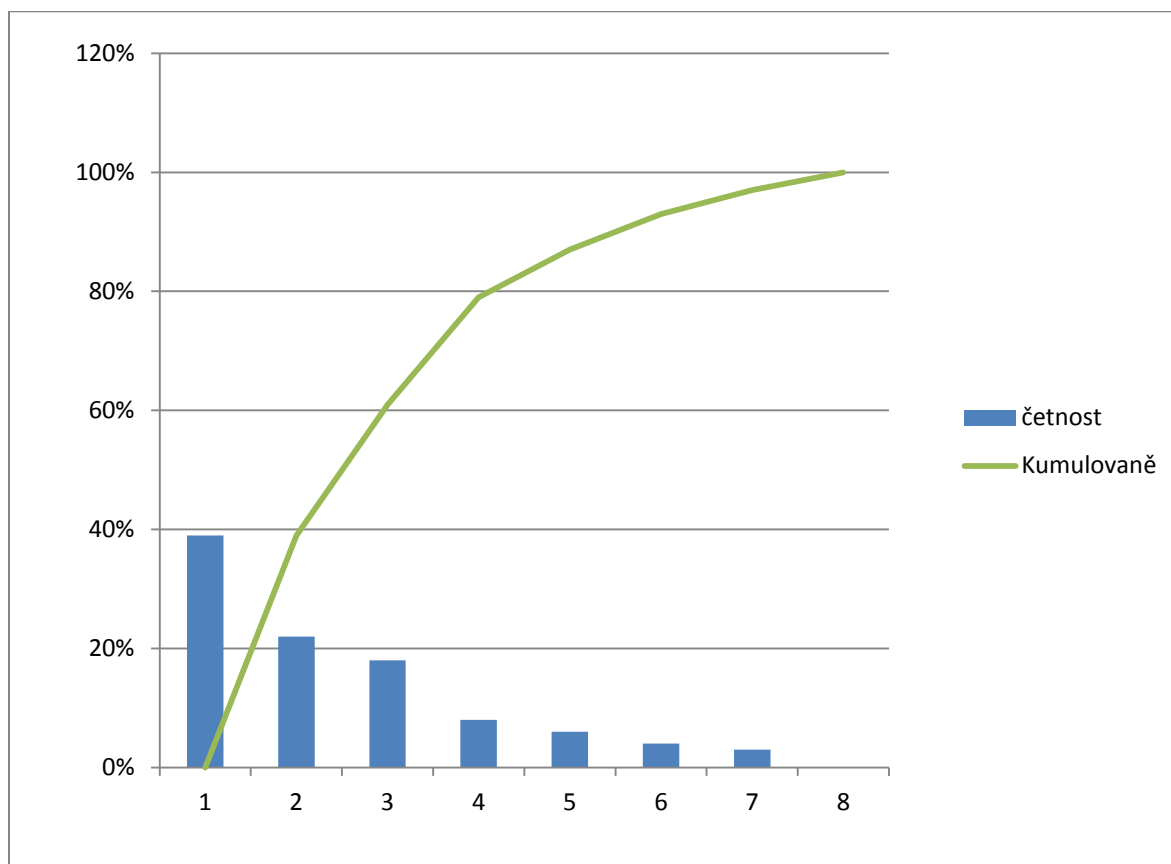
Obrázek 20
Zdrojová tabulka pro četnost a procento kumulačního součtu



Obrázek 21
Seřazení zdrojových dat podle četnosti

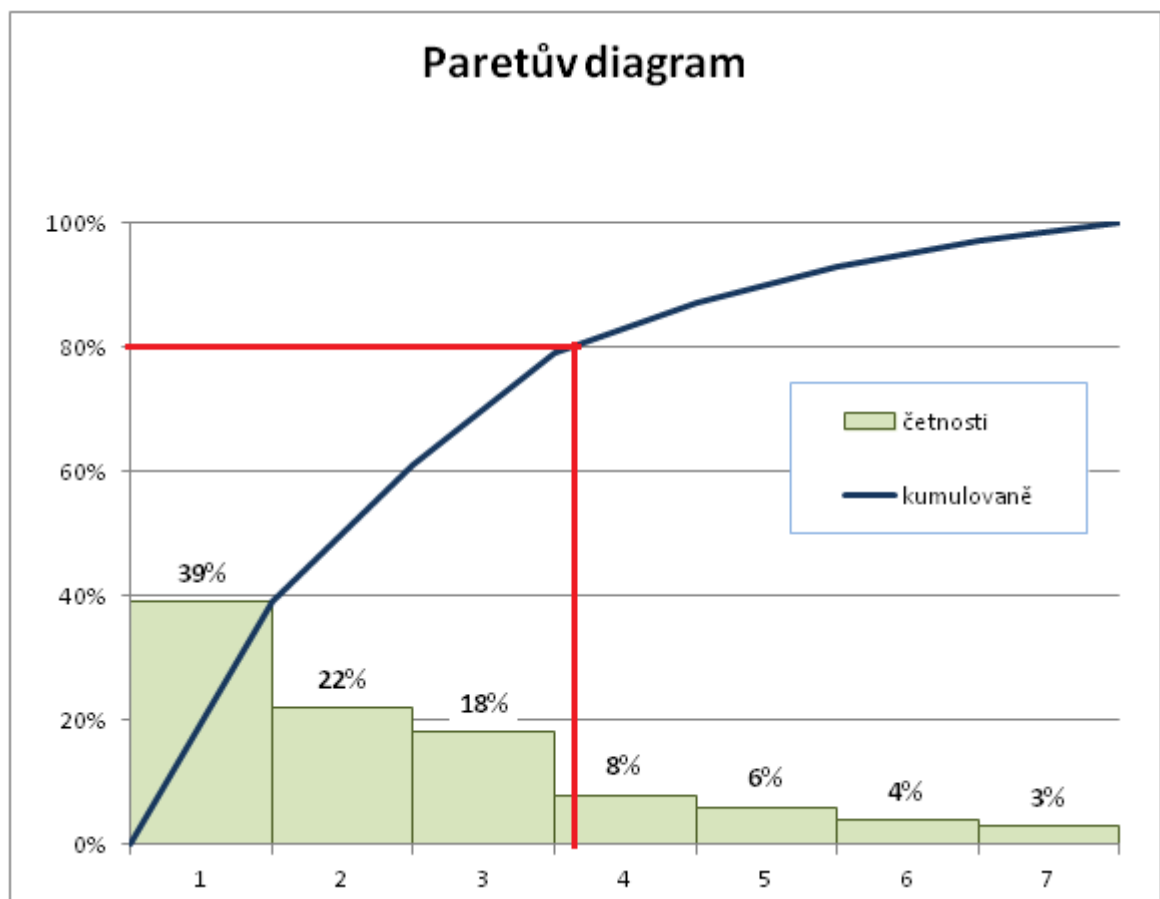


Obrázek 22
Vytvoření Lorenzovy křivky



Obrázek 23
Lorenzova křivka vzatá od nuly

Jak vyplývá z Paretovy analýzy, je třeba zavést opatření, která ovlivňují proces měření. Největší vliv má samotná kalibrace měřidla. Operátoři obráběcího centra kalibraci prováděli samotnou kalibraci pouze příležitostně. Dále je třeba se zaměřit na vliv prostředí a celkové podmínky pro měření v místnosti CNC centra. Obráběcí prostory jsou situovány při levé straně výrobní haly. Celá konstrukce je vyrobena ze skla a jedna strana místnosti je sama stěna budovy. S tím souvisí vysoké teplotní rozdíly, které jsou na začátku ranní směny na pracovišti nižší, než na konci odpolední směny. CNC obráběcí centrum vydává značné množství tepla a skleněná konstrukce obráběcí místnosti akumuluje také velké množství slunečních paprsků.



Obrázek 24
Paretův diagram

Dalším úkolem je řešení pro upínání hvězd k měřicí ocelové desce. Každý z operátorů disponuje jinou fyzickou zdatností a tedy i silou, jakou měřený objekt připevní ke stolu. Jelikož je hvězda upínána jen jedním šroubem M12, který se dotahuje ze spodní strany desky, je tedy dotažení šroubu velice důležité. Nezbytnou částí k zamyšlení je určitě svědomitost, kvalita prováděných metrologických prací, celková znalost softwarového vybavení a pečlivost při pracovním výkonu. Další analyzované jevy, které byly zjištěny v průběhu měření byly chyby s odlaďování obráběcího programu, který se vytvářel v konstrukčním oddělení a poté se dostal do procesu samotné výroby. Zároveň byla zjištěna nedostatečná komunikace o nastavení nulových bodů při pokračování obráběcího systému jak mezi pracovníky CNC centra, tak mezi pracovníky vytvářející CAM obráběcí program z konstrukčních dat. Posledním zjištěným nedostatkem byla delší doba ponechání vyměnitelných břitových destiček (VBD) ve fríze. Nad těmito zmíněnými nedostatky a slabými místy měření a výroby je třeba se zamyslet a vytvořit adekvátní opatření.

3.7 Navrhované řešení ke zlepšení

Pro vytvoření klíčových opatření se začalo na úplném počátku potencionální zdroje chyby a tím je nekvalifikovanost zaměstnanců. Ačkoliv proběhly v posledních letech nějaké personální změny, ukázalo se, že zaučení nově příchozích zaměstnanců probíhalo jen interně a informace a znalosti byly někdy nedostatečné. Na základě tohoto zjištění se rozhodlo o přeškolení zaměstnanců, kteří obsluhují měřicí rameno. Instituce, od které se měřicí rameno do společnosti seele pilsen s.r.o zakoupilo, takové školení zaměstnanců provádí. Bylo domluveno, že zaměstnanci projdou jak teoretickou přípravou, tak i samotnou praktickou částí. Teoretické školení probíhalo po dobu jednoho dne v zasedacích prostorách společnosti za účasti všech pracovníků, kteří měřicí přístroj obstarávají. Zaměstnanci obdrželi brožurky o měřicím rameni od školitele, kde bylo nározně vysvětleno, co a jak s ramenem měřit. Do brožurek bylo možné si zapisovat poznámky během prezentace školitele. Zároveň budou brožurky sloužit jako manuál pro každého, kdo zjistí nějaké nejasnosti při měření. V průběhu školení byl prostor pro dotazy, problémy a úkoly, se kterými se operátoři běžně setkávají v pracovním procesu.

Po absolvování teoretického školení za účasti všech operátorů následoval praktický kurz. Ten už probíhal v místnosti, kde se měřicí rameno nachází. Cíl byl, aby se zaměstnanci

školili přímo na tom zařízení, na kterém budou svoji práci vykonávat. Tento kurz už probíhal individuálně, vždy jen s jedním pracovníkem na jeho odpovídající směně.

Po tomto školicím kurzu bylo domluveno, že pracovníkům provádějící školení, zajistí recalibraci měřidla. Měřicí rameno již ve společnosti seele pilsen s.r.o přes dva roky svoji práci vykonává, proto bylo na čase provést servis a kontrolu měřidla. Školiteli byl připraven prostor pro práci, aby mohl celé rameno prohlédnout, zda nedošlo k nějakým poruchám v případě špatného zacházení při měření a nebo jen únavou materiálu. Pracovník realizoval svoji práci a provedl recalibraci měřicího ramena. Po dohodě obou stran se bude provádět „malá kalibrace“, kterou zvládne každý proškolený pracovník na začátku každé směny. Zamezení se tak vzniku potencionálních chyb a možnému předání poškozeného měřidla mezi operátory.

Jelikož se obráběcí centrum pořizovalo až v posledních letech a prostory se musely zakomponovat do výrobní haly, tak finální řešení není ideální. Jak již bylo zmíněno, hrají velkou roli náhlé výkyvy teplot na začátku ranní směny a na konci odpolední směny. CNC obráběcí centrum vyprodukuje velké množství tepla při obrábění. Prostor o výměře 10x7x4 metry není klimatizovaný a větrání malými okénky není adekvátní. Rozhodlo se o pořízení optimální klimatizační jednotky pro obráběcí místnost. Jak je ve společnosti zvykem, tak muselo proběhnout výběrové řízení na zakoupení optimální vzduchotechniky. Po ukončení výběrového řízení byla oslovena renomovaná společnost, která se těmito jednotkami zaobírá a má dlouholetou zkušenost jak s klimatizováním výrobních prostor, tak i s metrologickými a teplotně stálými laboratořemi.

Oslovená společnost vytvořila návrh a realizaci přesně na velikost obráběcí místnosti. Byly dodány dvě klimatizační jednotky, které zajistí, jak chlad při vysokém výkonu obráběcího centra při letních teplotách, tak i teplo pro měření v zimních měsících, kdy se na obráběcím CNC centrum naopak obrábět nebude. Dodavatel klimatizačních jednotek zaručuje odchylku $\pm 2^{\circ}\text{C}$. V případě společnosti seele pilsen s.r.o je to dostatečná hodnota, jelikož se nejedná o laboratoř kde probíhá přesné měření na tisícinu milimetru a obráběcí centrum se musí zásobovat materiálem z výrobní a zámečnické haly. Teplota je tedy nastavena na $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.



Obrázek 25
Nákup klimatizační jednotky ve společnosti seele pilsen s. r. o

Dalším neaktivním vlivem je sluneční světlo a dopadání slunečních paprsků do obráběcí místnosti a všeobecně na měřicí rameno a měřené součásti. Tento problém byl vyřešen zakoupením a nasintalováním venkovních zatahovacích rolet. Tomuto nákupu předcházelo výběrové řízení. Logistiku a montáž zajistila soukromá společnost. Ovládání je automatické, které reaguje na aktivitu slunečního záření nebo je plně manuální a operátoři jej mohou využívat dle aktuálních potřeb.



Obrázek 26
Venkovní zatahovací rolety ve společnosti seele pilsen s. r. o

Je potřeba zabývat se dalším opatřením jako je upínání hvězd k měřicímu stolu. Pracovníci CNC obráběcího centra disponují utahovací pistolí pro dotažení svěráku k desce obráběcího stroje. Tato utahovací pistole je momentová a dotáhne šrouby požadovaným tlakem. Rozhodlo se o využití utahovací pistole i pro upevnění měřených hvězd k měřicímu stolu. Jak již bylo zmíněno, upevnění je za pomoci šroubu M12 ze spodní strany stolu. Hvězda se dotáhne na patřičný, dostatečný utahovací moment, který bude nyní pro všechny operátory stejný. Díky tomuto opatření již budou všechny měřené objekty dostatečně připevněné k měřicí desce pro všechny operátory.



Obrázek 27
Utahovací momentová pistole

Těmito kroky by měly být hlavní zjištěné nedostatky zjištěné z Paretovy analýzy podchyceny. Ale stále je prostor k dalšímu potencionálnímu zlepšení a k přepracování stávajících kritérií.

Pro opětovné zjištění způsobilosti procesu po odstranění nedostatků bude provedena druhá analýza, a to s využitím metody založené na průměru a rozpětí. Tato metoda využije jako v prvotním sběru dat 3 operátory A, B, C. Měřit se bude v jeden den a operátoři budou měřit kusy v náhodném pořadí.

3.8 Aplikace metody založené na průměru a rozpětí po nápravných opatřeních

Za pomoci metody založené na průměru a rozpětí se zjistí celkový pohled na měřicí systém. V běžné praxi se využívá ke kontrole a ověření, zda-li se nezměnila hodnota GRR. V tomto případě se metoda využije ke zjištění, zda-li se hodnota GRR změnila a klesla pod 30%. Aby mohl být systém měření přijatelný pro některé aplikace, musí hodnota GRR být mezi 10% až 30%. Tento krok pak musí vycházet z rozhodnutí o důležitosti měření, celkových nákladů na měření a nákladů na přepracování kusu a nebo opravu dílu.

Operátor/ Výběr #	Součást										Průměr
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. A 1	198,02	198,03	198,01	198,03	198,04	198,02	198,01	198,03	198,04	198,02	##
2.	2	198,03	198,05	198,03	197,99	198,03	198,02	198,01	198,02	198,01	
3.	3	198,01	198,02	198,02	198,01	197,99	198,01	198,03	197,99	198,02	
4. Průměr	198,02	198,03	198,02	198,01	198,02	198,02	198,02	198,02	198,01	198,02	$\bar{X}_a = 198,02$
5. Rozpětí	0,02	0,03	0,02	0,04	0,05	0,01	0,02	0,04	0,03	0,01	$\bar{R}_a = 0,03$
6. B 1	198,01	198,03	198,01	198,01	198,03	198,01	198,01	198,02	198,01	198,01	
7.	2	198,04	198,02	198,03	198,04	198,05	198,04	198,02	198,02	198,01	
8.	3	198,04	198,01	198,01	198,03	198,01	198,04	198,01	198,02	198,04	
9. Průměr	198,02	198,03	198,01	198,02	198,03	198,03	198,02	198,02	198,02	198,01	$\bar{X}_b = 198,02$
10. Rozpětí	0,04	0,03	0,01	0,02	0,03	0,04	0,03	0,00	0,03	0,01	$\bar{R}_b = 0,02$
11. C 1	198,03	198,01	198,02	198,02	197,99	198,02	198,03	198,01	198,03	198,01	
12.	2	198,03	198,01	198,03	198,01	198,05	198,01	198,02	198,02	198,03	
13.	3	198,03	198,02	198,02	198,03	198,02	198,03	197,99	198,03	198,02	
14. Průměr	198,03	198,01	198,02	198,02	198,02	198,02	198,01	198,02	198,03	198,02	$\bar{X}_c = 198,02$
15. Rozpětí	0,00	0,01	0,01	0,02	0,06	0,02	0,04	0,02	0,01	0,02	$\bar{R}_c = 0,02$
16. Prům. pro souč. (\bar{X}_p)	198,02	198,02	198,02	198,02	198,02	198,02	198,02	198,02	198,02	198,02	$\bar{X} = 198,02$ $\bar{R}_p = 0,01$
17.	$[\bar{R}_a] + [\bar{R}_b] + [\bar{R}_c] / [\# \text{ operátů}] =$										$\bar{\bar{R}} = 0,02$
18.	$[\max \bar{X}] - [\min \bar{X}] = \bar{X}_{DIFF} = 0,00$										0,00
19.	$[\bar{\bar{R}}] \cdot [D_4] = UCL_R = 0,06$ $D_4 = 2,58$										0,06
Pokud je rozpětí jednotlivých trojic měření větší než UCL_R, je nutno toto měření opakovat nebo hodnoty vyřadit !											
Operátoři: A : Šuch B : Lempera C : Šimka											
Pozn.: $D_4 = 3,27$ pro 2 výběry a $2,58$ pro 3 výběry. $D_3 = 0$ pro 1 až 7 výběrů. $A_2 = 1,88$ pro 2 výběry a $1,023$ pro 3 výběry.											
Při vyplňování formuláře na PC se vyplňují pouze vystínované části. Výpočty i volba D_4 a A_2 se provádí automaticky.											

Měřidlo název:	Nikon MCAx II	SPC rozměr		Díl č.:	SM_2700
Měřidlo číslo:	-			Název:	Chadstone_star_SM2700
Měřil:	Jan Faltín	Rozměr:	198,00	# výběrů:	3
Datum:	15.7.2015	Tolerance:	0,30 -0,30	# operátorů:	3
$\bar{R} =$	0,0240	$\bar{X}_{DIFF} =$	0,002	$R_P =$	0,01
Analýza měřicí jednotky			% Celkový rozptyl (TV)		
Opakovatelnost - rozptyl přístroje (EV)			%EV = 100[EV/TV]		
$EV = \bar{R} \times K_1$		Výběry	K_1		
EV =	0,0141792	3	0,5908		
Reprodukovatelnost - rozptyl operátora (AV)			%AV = 100[AV/TV]		
$AV = \sqrt{(\bar{X}_{DIFF} \times K_2)^2 - (EV^2 / nr)}$				% AV = 2,37	
		Operátoři	2	3	$n = \text{počet součástí}$
AV =	0,00237	K_2	0,7071	0,5231	$r = \text{počet výběrů}$
Opakovatelnost a reprodukovatelnost (R&R)			%GR&R = 9,19		
$R\&R = \sqrt{(EV^2 + AV^2)}$		Souč.	K_3		
R&R =	0,00919	2	0,7071		
Rozptyl u součástky (PV)			%PV = 100,4216		
$PV = \sqrt{(TV)^2 - (R\&R)^2}$		3	0,5231		
PV =	0,10042	4	0,4467		
		5	0,403		
		6	0,3742		
		7	0,3534		
		8	0,3375	ndc = 1,41*(PV/R&R)	
Celkový rozptyl (TV)			9	0,3249	15,4036
$TV = (USL-LSL)/6$		10	0,3146		
TV =	0,1				

Výsledek:

System měření je schopný a přijatelný

Jak je patrné z opětovně naměřených hodnot třech operátorů a spočítání hodnoty %GRR klesly pod hranici 10 %, na hodnotu 9,19%. V tomto případě systému měření se tedy jedná o přijatelný systém měření, který je schopný fungovat za nově vzniklých opatření.

Při využití jedné metody založené na průměru a rozpětí, za stejných podmínek, třemi stejnými operátory. Za využití Paretovy analýzy a odstranění nejzásadnějších problémů a nedostatků vzniklých v systému měření je zřejmé z výsledné hodnoty, že nápravná opatření byla přínosem. Systém měření je nyní přijatelný a schopný.

4 VYHODNOCENÍ

Technicko- ekonomické hodnocení

Společnost seele pilsen s.r.o využívá pro měření svých výrobků měřící rameno od japonské firmy Nikon. Využívá jej po dobu dvou let při každodenním výrobním procesu. Po tu dobu nebyla zapotřebí žádná analýza systému měření. Po prvotní analýze metodou založené na průměru a rozpětí se zjistilo, že systém měření není přijatelný a je třeba vyvodit opatření pro měření. Společnost investovala finance pouze do nákupu měřícího ramena a s tím spojenou instalaci a školení. Další náklady nebyly do této doby nutné. Po objevení nedostatků se společnost rozhodla pro investici, která povede ke způsobilosti systému měření. Z Paretovy analýzy vyplynuly hlavní nedostatky, které si žádaly nápravu a zlepšení.

Jako první se investovalo do odborného školení zaměstnanců, kteří s měřícím ramenem pracují. Při této příležitosti byla provedená recalibrace měřidla a celková pozáruční revize přístroje. Největší investicí byl nákup dvou klimatizačních jednotek. Po vypracování požadavku na koupi dvou klimatizačních jednotek, byl tento dokument odnesen do oddělení nákupu, aby mohlo proběhnout výběrové řízení. Po ukončení výběrového řízení a vybrání adekvátního výrobce a dodavatele, byly tyto jednotky objednány za cenu 62 990 Kč s instalací do obráběcí místnosti. Dále pak byly nainstalovány venkovní žaluzie, které zabraňují dopadu slunečních paprsků na měřící rameno a do prostoru obráběcí místnosti. Pořizovací hodnota těchto žaluzií s montáží činila 25 000 Kč.

Mimo jiné bylo také investováno v řádech stovek korun na nákup hadic, spojek a rozvojek pro pneumatickou utahovací pistoli. Tato momentová pistole je běžně k dispozici u obráběcího centra a tudíž se tedy pořizovat nemusela, stačilo pouze předělat rozvod vzduchu v místnosti. Operátoři tedy musí vždy pistoli odpojit z hadice od obráběcího stroje a opětovně zapojit do nově vzniklého okruhu u měřícího stroje.

Přesné a přijatelné měření spotřebovává menší procento z výrobní tolerance, a díky tomu se předělali technické parametry pro obrábění. Došlo tedy ke zkrácení výrobního času na jeden kus o sedm minut. Hodinová sazba CNC stroje ve společnosti seele pilsen s.r.o. činí 1100 Kč/hodinu. Úspora na jeden vyrobený kus, po aplikaci MSA metody, je 128,3 Kč. Při celkovém objemu výroby 700 kusů na zakázce Chadstone Shopping Center bude 89 833,3 Kč.

Celkové náklady na nákup všech potřebných věcí byly 88 890 Kč. Jak je patrné, již na konci této zakázky bude analýza systému měření skoro zaplácena. Následné projekty budou přesné měření využívat a časové úspory budou znatelné. Vždy bude záležet na velikosti a objemu celého projektu.

Nyní se společnost může prezentovat přesnými výsledky svého měření. To přináší úspory času na obrábění a změny technologických postupů. A celkové zlevnění výrobního procesu. Toto vše přináší společnosti vyšší konkurenční schopnost a postoj na trhu práce.

5 ZÁVĚR

Žijeme ve velmi upěchané době a naše nároky na kvalitu pořizovaných výrobků se stále zvyšují. Složitost a komplexnost výrobků klade stále větší nároky na kontrolu a celý obor řízení kvality. Oddělení kvality a kontroly je nyní běžnou součástí každé, ať už malé či velké společnosti. Konkurenceschopnost a udržení se na trhu práce jsou hlavní důvody pro zavádění takových to oddělení. Tento vědní obor se rozvíjí velice rychle. Za krátkou dobu, co řízení kvality známe se rozrostl do takové míry, že ani jiné obory toho pokroku nedosáhly. Ale je stále co zlepšovat a hranice kvality posouvat.

Analýza systému měření také prošla určitým vývojem. Postupný sběr dat, výpočty a interpretace výsledků se proměnily díky informační technice a softwarovému vybavení. MSA nemusí patřit jen do velkých výrobních podniků, ale mohou si analýzu provést i dobře seznámení pracovníci. Cílem této diplomové práce je nastínit a ukázat význam analýzy systému měření jak v části teoretické, tak v praktické.

V teoretické části je popis všech potřebných charakteristik, se kterými jsem pracoval v praktické části. Součástí je také důležitá terminologie zmíněné problematiky. Dále jsou popsány metody pro zjišťování schopnosti a přijatelnosti procesu měření, jako je metoda založená na průměru a rozpětí a metoda založená na rozpětí. Pozornost byla věnována metodě na základě průměru a rozpětí v praktické části, která mi danou přijatelnost systému měření určí.

V praktické části se zabývám přípravou pro měření obráběných hvězd, pomocí měřícího ramena od společnosti Nikon. Toto rameno dovoluje měření v sedmi osách a dosahuje měření na setiny milimetru. Pro první přezkoumání přijatelnosti systému měření jsem využil metodu založenou na průměru a rozpětí za využití třech operátorů a deseti náhodně vybraných kusů z výroby. Nasbíraná data jsem použil do formuláře pro opakovatelnost a reprodukovatelnost měřidla. Sbíraní dat bylo časově náročné vzhledem ke střídání směn a opakovanosti měření. Data se sbíraly během několika týdnů. Na numerické výpočty jsem využil program Excel, kde jsem provedl všechny potřebné kalkulace podle předepsaných vzorců. Vyplněný formulář pro sběr dat opakovatelnosti a reprodukovatelnosti je součástí praktické části. Výstupem je

protokol o opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřidla, ze kterého je zřejmá hodnota GRR. Tato hodnota je 54,74 a tudíž proces měření vyžaduje určitá zlepšení.

Za pomoci Paretovy analýzy, jakožto jedním z nástrojů kvality, jsem zjistil hlavní příčiny vzniku možných chyb v systému měření u vybraných kusů (kalibrace měřidla, vliv prostředí a upnutí výrobku při měření). V případě kalibrace měřidla se provedla celková revize měřícího ramene a následná recalibrace. S tímto procesem bylo spojené i doškolení zaměstnanců, kteří rameno obsluhují. Pro vliv prostředí byly zakoupeny klimatizační jednotky, které se starají o teplotní stálost v prostorách určených pro měření. Nedostatky při upínání měřeného výrobku byly eliminovány použitím momentové utahovací pistole.

Po zavedení patřičných opatření, ve snaze předcházet chybám při měření, se provedlo další měření. V této části jsem opět využil metodu založenou na průměru a rozpětí, která umožní zjistit přijatelnost nebo nepřijatelnost systému měření. Využil jsem znovu třech operátorů a deseti měřených vzorků a využil výpočtových vzorců pro stanovení hodnoty %GRR. Vypočtená hodnota $GRR=9,19\%$ je znamením, že se jedná o přijatelný systém měření. Z toho vyplývá, že byly odstraněny kritická místa systému měření.

Cíle, které byly na začátku diplomové práce stanoveny, se podařilo ke konci praktické části splnit. Pro úplné zjištění přijatelnosti systému lze provést další, doplňující analýzu. Ta se nazývá metoda rozptylu nebo také metoda ANOVA nebo metodu založenou na rozpětí, kterou jsem již zmínil v teoretické části práce. Tyto metody by však již byly nad rámec této diplomové práce.

Zjištění kritických míst v systému měření ve společnosti seele pilsen s.r.o mi přineslo nové poznatky a zkušenosti, se kterými jsem dříve neseťkal. Věřím, že tyto získané znalosti v budoucnu využiji.

6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

KNIŽNÍ PUBLIKACE

- 1 Česká společnost pro jakost: Analýza systému měření (MSA). 2010. 231 s.
- 2 ZVONEČEK, F.; ZÍDKOVÁ H.: Jakost, styl života pro třetí tisíciletí. Plzeň: Západočeská univerzita, 2003. 139 s.
- 3 STANĚK, J.; NĚMEJC, J.: Metodika zpracování a úprava diplomových prací. Plzeň: Západočeská univerzita, 2005.
- 4 JANÍČEK, P.; MÁCHAL, P.; MAREK, J.; MAREČEK, J.: Expertní inženýrství v systémovém pojetí. Grada publishing, a. s. 2013. 592 s.

INTERNETOVÉ ZDROJE

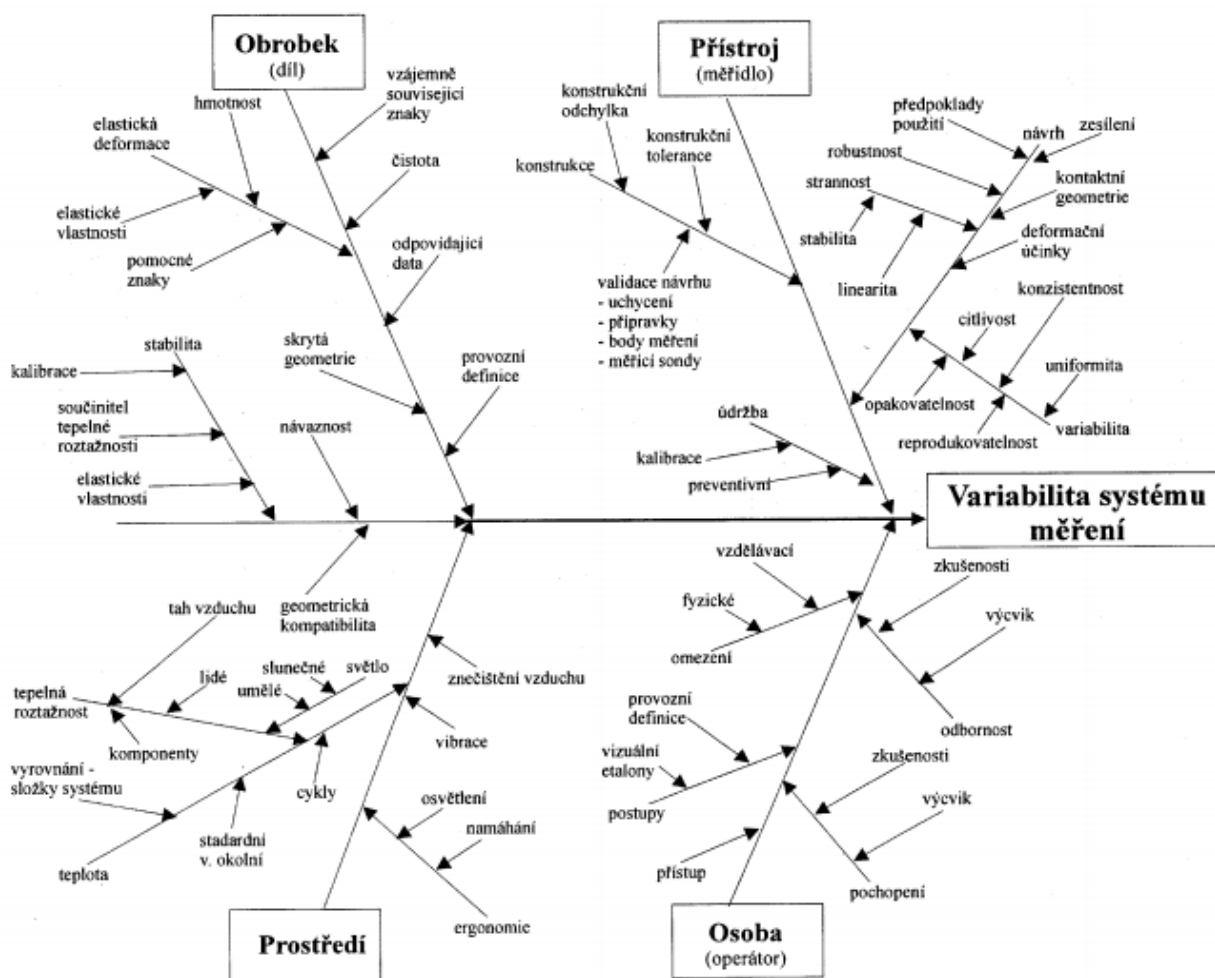
- 5 MEZINÁRODNÍ METROLOGICKÝ SLOVNÍK. Dostupné na:
<http://ach.upol.cz/user-files/intranet/02a-terminologievim3-1287047120.pdf>
[online]
- 6 METROLOGIE A ŘÍZENÍ KVALITY. Dostupné na:
http://issuu.com/esf459/docs/metrologie_a_rizeni_kvality/128 [online]
- 7 SPOLEČNOST SEELE PILSEN S.R.O. Dostupné na: www.seele.com [online]
- 8 HODNOCENÍ ZPŮSOBILOSTI KONTROLNÍCH PROSTŘEDKŮ. Dostupné na:
http://gps.fme.vutbr.cz/STAH_INFO/31_Pernikar_VUTBR.pdf [online]
- 9 MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS, MSA. Dostupné na:
<https://managementmania.com/cs/measurement-system-analysis> [online]
- 10 PARETŮV DIAGRAM. Dostupné na:
<http://www.svetproduktivity.cz/slovník/Pareto-diagram.htm> [online]

7 PŘÍLOHY

Příloha 1

Diagram příčin a následků variability systému měření

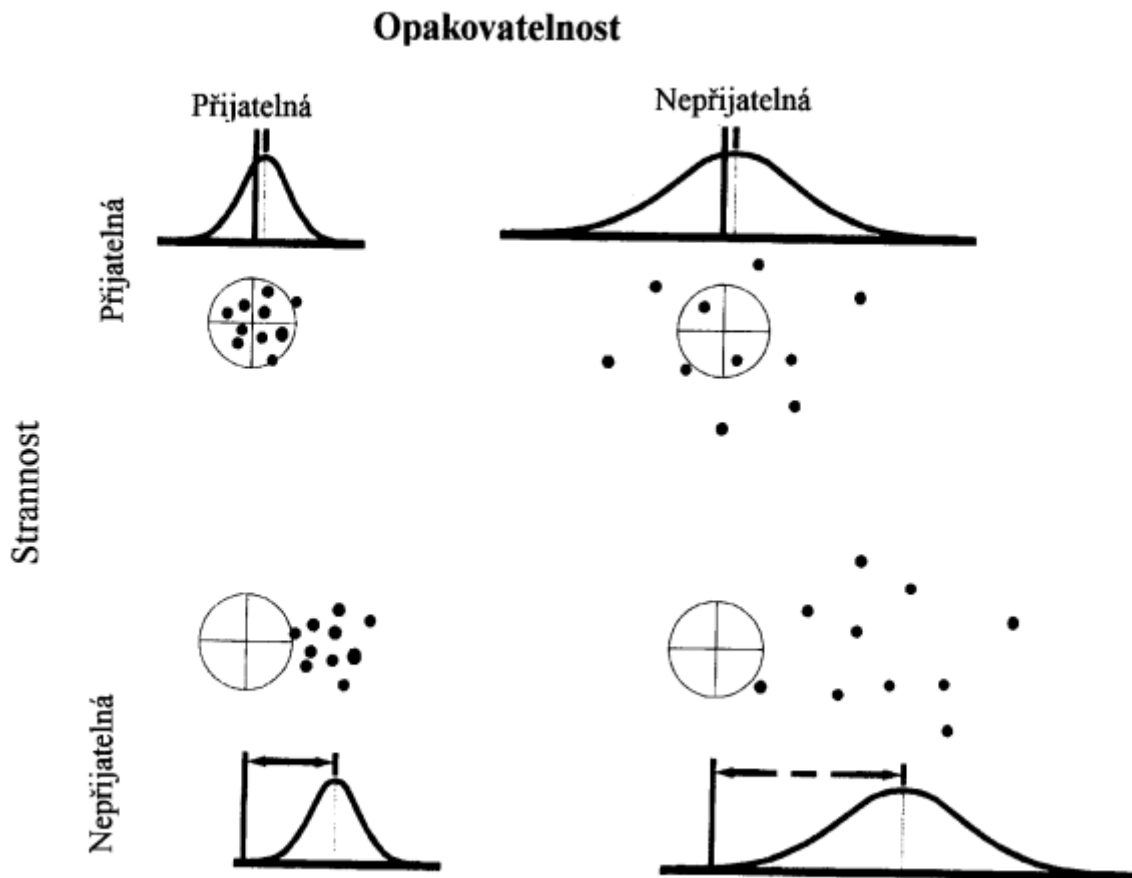
Dostupné na: <http://www.slideserve.com/matsu/anal-za-syst-mu-m-en-measuring-system-analysis>



Příloha 2

Vztah mezi opakovatelností a stranností

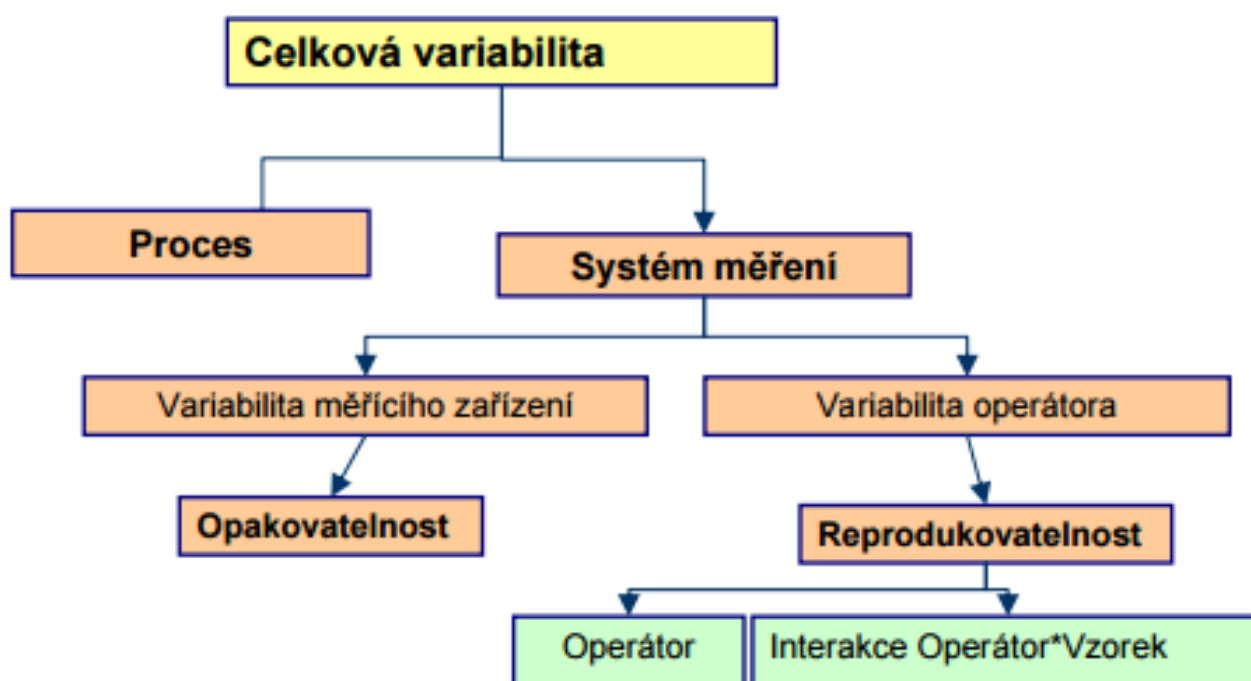
Dostupné na: isq.cz/npj/2006/04%20-%202011%20-%20MSA.ppt



Příloha 3

Rozložení celkové variability

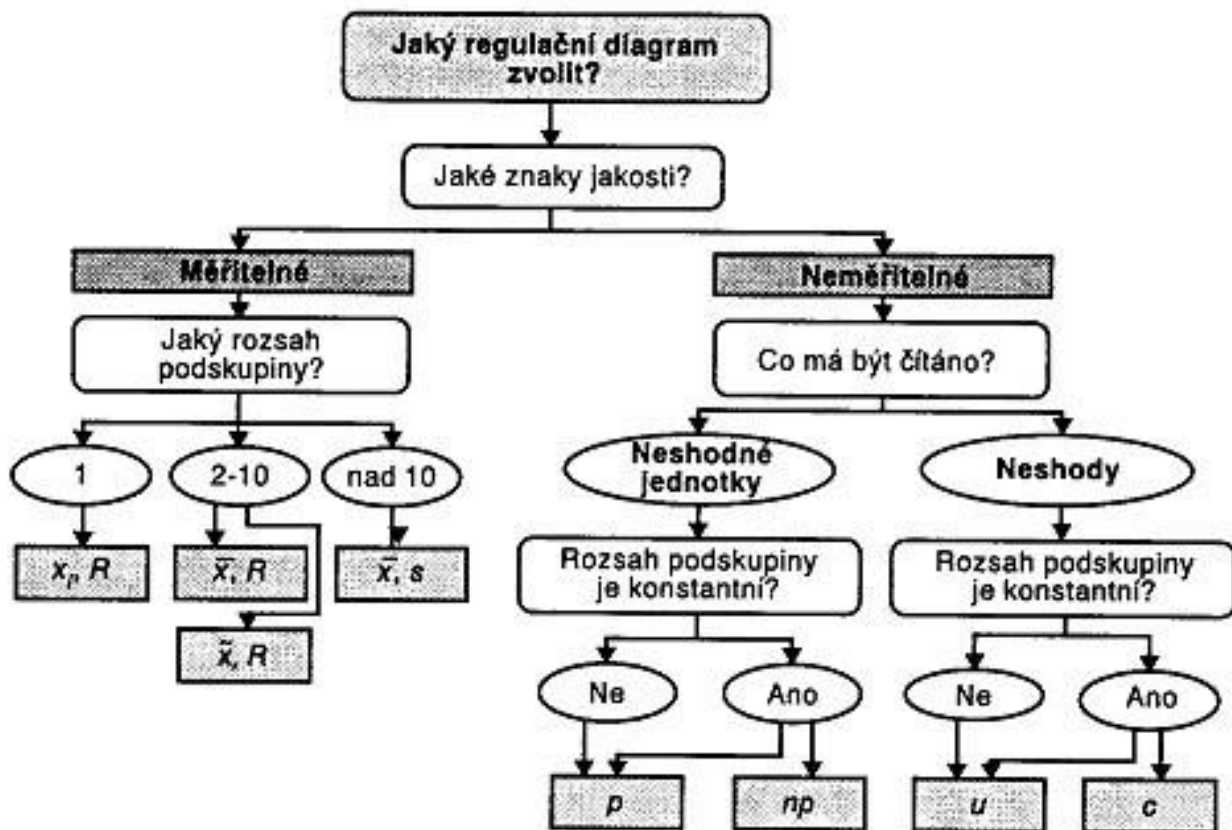
Dostupné na: <http://www.statspol.cz/cs/wp-content/uploads/2013/05/request2006/sbornik/bednar.pdf>



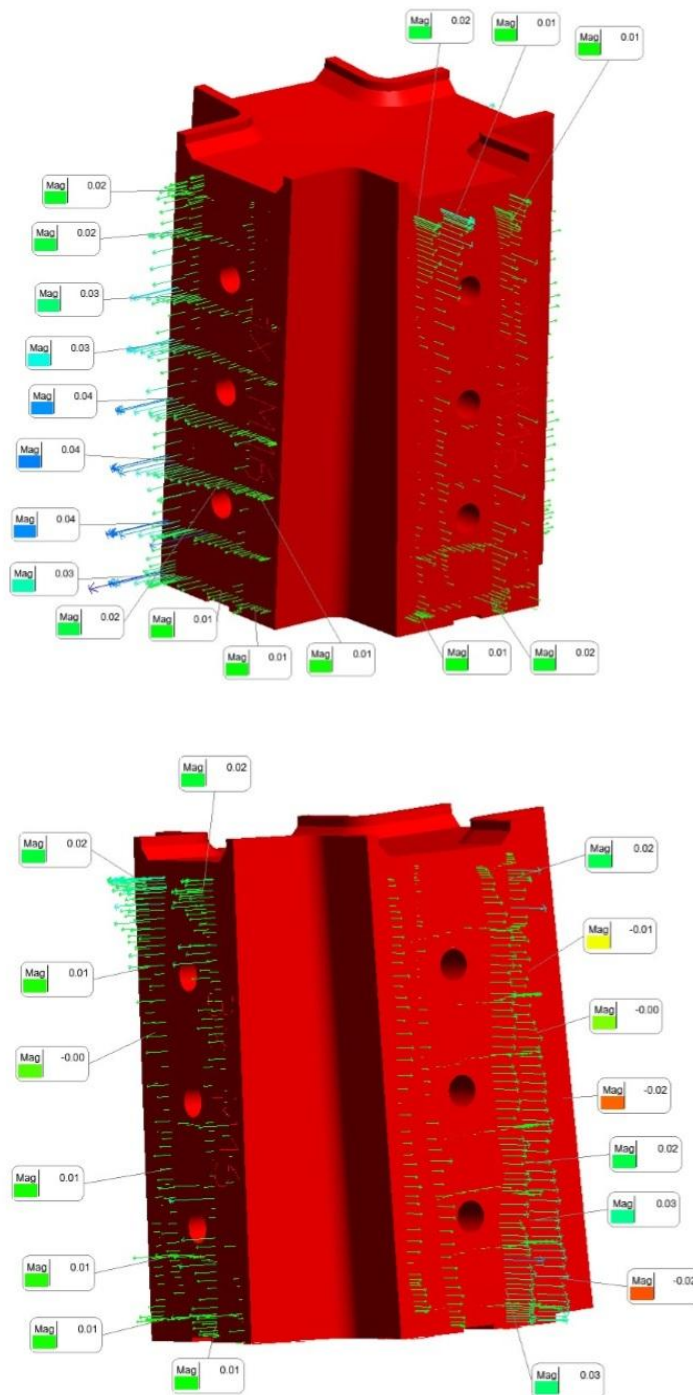
Příloha 4

Regulační diagram – rozdělení

Dostupné na: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/stranka.php?kod=4838



Příloha 5
Výstup měření pro zákazníka



8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Největší sklo vyrobené společností seele	11
Obrázek 2 Nádraží ve Štrasburku ve Francii	12
Obrázek 3 Nádraží Kings Cross v Londýně	12
Obrázek 4 Prodejna společnosti Apple v New Yorku	13
Obrázek 5 Nákupní centrum v Melbourne	14
Obrázek 6 Vyjádření shodnosti	21
Obrázek 7 Vyjádření strannosti	22
Obrázek 8 Opakovatelnost	23
Obrázek 9 Reprodukovatelnost	24
Obrázek 10 Příklad možného využití metody založené na rozpětí	25
Obrázek 11 Vyjádření životně důležité menšiny	27
Obrázek 12 Paretův graf	28
Obrázek 13 Znázornění nejistoty měření při kalibraci	29
Obrázek 14 Měřicí rameno ve společnosti seele pilsen s. r.o	34
Obrázek 15 Měřicí stanoviště ve společnosti seele pilsen s.r.o.....	35
Obrázek 16 Označení hvězd pro měření	36
Obrázek 17 Kalibrační přípravek	36
Obrázek 18 Ukázka měření a značení hvězd pro metodu průměru a rozpětí ve společnosti seele pilsen s.r.o	40
Obrázek 19 Zdrojová tabulka pro Paretův diagram	41
Obrázek 20 Seřazení zdrojových dat podle četnosti	42
Obrázek 21 Zdrojová tabulka pro četnost a procento kumulačního součtu	42
Obrázek 22 Vytvoření Lorenzovy křivky	43
Obrázek 23 Lorenzova křivka vzata od nuly.....	43
Obrázek 24 Paretův diagram	44
Obrázek 25 Nákup klimatizační jednotky ve společnosti seele pilsen s. r. o.....	47
Obrázek 26 Venkovní zatahovací rolety ve společnosti seele pilsen s. r. o.....	48
Obrázek 27 Utahovací momentová pistole	48