

JAK SE SPOLEHNOUT NA VIZUÁLNÍ KONTROLU ANEB ANALÝZA SYSTÉMU MĚŘENÍ METODOU SROVNÁVÁNÍM V PRAXI

Ing. Michal Bohuš, Ph.D.

Konzultant kvality a lektor – celá ČR

E-mail: michal.bohus@email.cz

Abstrakt

Článek pojednává o analýze systému měření metodou srovnáváním. Popisuje zkušenosti autora s nedostatky procesu hodnocení vizuálních vad v praxi. Poukazuje na důvody, proč tuto analýzu provádět. Vše je demonstrováno na praktickém příkladu z výrobní firmy, kdy zavedení této metody bylo jedním ze stěžejních bodů pro snížení množství vadných výrobků. Ukazuje, že analýza systému měření metodou srovnáváním není jen kontrolním nástrojem, ale může efektivně sloužit i jako tréninkový nástroj. Porozumění jejím výsledkům může napomoci k pochopení aktuálního stavu výrobního procesu, nalezení příčin problémů a ke stanovení vhodných opatření k jejich odstranění.

Abstract

This article discusses about attribute measurement system study. It describes author's experience with weaknesses during visual failures evaluation in practice. It points out the reasons for the attribute measurement system analysis. All is demonstrated on practical example from manufacturing company where implementation of this method was one of the key points for decreasing quantity of nonconforming parts. It shows that attribute measurement system study is not only a control tool but it can be effective also as a training tool. Understanding of its results could help actual status of production process to be understood, causes of problems to be found and proper corrective actions to be specified.

Úvod

V automobilovém průmyslu je běžné hodnotit způsobilost používaných měřidel. Obvykle se provádí také analýza systémů měření hodnocením opakovatelnosti a reprodukovatelnosti. Pokud se však znaky kvality vyhodnocují vizuálně (jedná se o atributivní znaky kvality), často se v praxi zapomíná na ověření vhodnosti systému měření závislého na vizuálním

posouzení jednotlivých vad. Cílem článku je na praktických zkušenostech poukázat na výhody a potřebu provádění studie systémů měření metodou srovnáváním.

Analýza ve firmě

V rámci své konzultační činnosti v oblasti kvality jsem byl požádán o spolupráci významnou společností dodávající sedačky do automobilového průmyslu. Cílem projektu bylo pro pobočku v Čechách provést obecnou analýzu a navrhnout opatření tak, aby došlo ke snížení množství vadných výrobků. Pobočka zaměstnává zhruba 1500 zaměstnanců a mezi její zákazníky patří mnoho předních výrobců automobilů. Po celém světě pracuje pro společnost na 170 tisíc pracovníků ve více než 1300 pobočkách.

Analýza proběhla v rámci všech tří pracovních směn (ranní, odpolední, noční) v časové dotaci 64 hodin. Skládala se nejen z fyzického pozorování ve výrobě, ale také z analýzy různých záznamů o kvalitě nebo z návštěvy školicího centra sloužícího pro zaškolení nových pracovníků.

Na základě této analýzy pak byla zpracována prezentace pro management společnosti. Ta obsahovala jednotlivá zjištění. Prezentovaných nálezů bylo celkem 99, přičemž ke každému nálezu byl definován návrh opatření. Navržená opatření byla primárně volena tak, aby měla systémový charakter. Takový typ opatření umožní odstranění kořenových příčin problémů a nikoliv pouze povrchních projevů. Výrazně se tak zvyšuje šance, že se negativní projevy problémů nebudou opakovat. Vzhledem k počtu zjištění i navržených opatření byla zjištění shrnuta do TOP 10 nálezů a v jedenácti základních krocích byl navržen další systematický postup pro zlepšení stavu s návrhem termínů realizace. Jedním ze stěžejních nálezů byla skutečnost, že ve firmě chyběl přehled o tom, jak dobře jsou schopni jednotliví operátoři rozlišit vizuální vady. Cílem článku není pojednat o všech výsledcích analýzy ve firmě, ale zaměřit se na analýzu systému měření pro vizuální vady. Proto se dále článek věnuje právě problematice vizuálního hodnocení vad a analýze celého systému měření metodou srovnáváním.

Zkušenosti z praxe

Negativní zkušenosti s neřízeným systémem vizuálního hodnocení vad jsem nabytl během své praxe nejen v této, ale i v dalších firmách. Během práce na projektech nebo při realizaci školení, která provádím ve firmách různého zaměření a velikosti, se potvrzuje, že tato oblast je velice často podceňovaná tam, kde je potřeba vizuální vady na výrobcích vyhodnocovat.

Stejnou zkušenost jsem nabyt např. v podobné konkurenční společnosti nebo třeba v obdobně velké organizaci zabývající se výrobou klimatizací. Z mých zkušeností se postup při hodnocení efektivnosti systému měření pro vizuální hodnocení využívá pouze ve zhruba 25% firem, které hodnotí své výrobky vizuálně.

Ověření současného stavu ve firmě – studie systému měření metodou srovnáváním

V rámci výše uvedené analýzy pro firmu byla pro ověření úrovně vyhodnocování vizuálních vad operátory provedena studie systému měření metodou srovnáváním. Nejprve bylo potřeba připravit referenční kusy. Jako neshodné vzorky (NOK) byly pro analýzu použity kusy vrácené z reklamace od zákazníka s vadami, které způsobovaly dlouhodobě nejvíce reklamací (podle údajů z přehledu reklamací ve firmě za celý kalendářní rok). Shodné vzorky (OK) pak byly kusy z aktuální výroby s prokazatelně akceptovatelnou vadou podle platného katalogu vad. Všechny kusy byly označeny tak, aby operátoři nevěděli, který výrobek právě kontrolují. Každý výrobek kontroloval jednotlivý operátor dvakrát, aniž by znal výsledek svého předchozího hodnocení. Samozřejmě jim nebyl znám ani výsledek hodnocení jiných operátorů, kteří se analýzy zúčastnili. Výsledky vyhodnocení vzorků operátory jsou přehledně zpracovány v tabulce 1. Hodnocení 0 v této tabulce znamená, že operátor vyhodnotil daný kus jako neshodný (NOK). Hodnocení 1 pak znamená, že operátor vyhodnotil výrobek jako shodný (OK). Hodnoty 0 a 1 ve sloupci „Status vzorku“ obsahují informaci, zda byl referenční kus skutečně neshodný (reklamované kusy) nebo se jednalo o kus s akceptovatelnou mírou vady (kusy z výroby s vadou akceptovatelnou dle aktuálního katalogu vad).

Tab. 1 Vyhodnocení vzorků jednotlivými operátory

Číslo ref. kusu	Status ref. kusu	Operátor č. 1		Operátor č. 2		Zástupce vedoucího směny	
1	1	1	1	1	1	1	0
2	1	1	1	1	0	0	0
3	1	1	1	1	0	1	0
4	0	1	1	1	0	1	1
5	0	1	0	1	0	1	1
6	1	1	1	1	0	0	1
7	0	1	1	0	0	0	0
8	0	1	1	0	1	1	1

Vyhodnocení systému měření bylo provedeno metodou tzv. křížových tabulek [1]. Pro účely této analýzy bylo důležité vyhodnotit schopnosti jednotlivých operátorů správně rozpoznat shodné a neshodné výrobky. Proto bylo provedeno vyhodnocení jednotlivých operátorů ve vztahu k referenčním vzorkům (neprovádělo se srovnání jednotlivých operátorů mezi sebou). Křížové tabulky operátorů a referenčních vzorků jsou uvedeny níže (viz tab. 2, tab. 3 a tab. 4). K sestavení křížových tabulek je vhodné využít některý ze specializovaných softwarových programů. V křížových tabulkách je zaznamenáno, kolikrát vybraní operátoři hodnotili správně neshodný výrobek jako neshodný, kolikrát hodnotili správně shodný výrobek jako shodný. Dále kolikrát neshodný výrobek nesprávně označili jako shodný a naopak kolikrát shodný výrobek označili nesprávně jako neshodný.

Po zaznamenání skutečných hodnot se ke každému pozorovanému počtu vypočítá tzv. očekávaný počet [1]. Ten je např. pro operátora 1 a hodnocení neshodných vzorků počítán jako:

$$ocekavany_pocet = 16 \times \frac{8}{16} \times \frac{1}{16} = 0,5 \quad (1)$$

Kompletní výsledky jsou uvedeny v tabulkách níže (viz tab. 2, tab. 3 a tab. 4). Po vypočtení všech očekávaných počtů se vypočítají veličiny p_o (součet pozorovaných podílů v diagonálních buňkách) a p_e (součet očekávaných podílů v diagonálních buňkách) [1]. Pro operátora 1 mají veličiny tyto hodnoty:

$$p_o = \frac{1+8}{16} = 0,5625 \quad (2)$$

$$p_e = \frac{0,5+7,5}{16} = 0,5000 \quad (3)$$

Hodnoty těchto veličin jsou také uvedeny v tabulkách níže (viz tab. 2, tab. 3 a tab. 4).

Tab. 2 Křížová tabulka operátora 1 vůči referenčním vzorkům

		Reference		Celkem	
		0 (NOK)	1 (OK)		
Operátor 1	0 (NOK)	Poččet	1	0	1
		Oček.poččet	0,5	0,5	1,0
	1 (OK)	Poččet	7	8	15
		Oček.poččet	7,5	7,5	15,0
Celkem		Poččet	8	8	16
		Oček.poččet	8,0	8,0	16,0
		po	0,5625	pe	0,5000

Tab. 3 Křížová tabulka operátora 2 vůči referenčním vzorkům

			Reference		Celkem
			0 (NOK)	1 (OK)	
Operátor 2	0 (NOK)	Počet	5	3	8
		Oček.počet	4,0	4,0	8,0
	1 (OK)	Počet	3	5	8
		Oček.počet	4,0	4,0	8,0
Celkem		Počet	8	8	16
		Oček.počet	8,0	8,0	16,0
		po	0,6250	pe	0,5000

Tab. 4 Křížová tabulka zástupce vedoucího směny vůči referenčním vzorkům

			Reference		Celkem
			0 (NOK)	1 (OK)	
Zástupce vedoucího směny	0 (NOK)	Počet	2	5	7
		Oček.počet	3,5	3,5	7,0
	1 (OK)	Počet	6	3	9
		Oček.počet	4,5	4,5	9,0
Celkem		Počet	8	8	16
		Oček.počet	8,0	8,0	16,0
		po	0,3125	pe	0,5000

Po sestavení křížových tabulek jednotlivých operátorů ve vztahu k referenční hodnotě (statusu referenčního vzorku) lze vypočítat ukazatel kappa pro stanovení shody každého operátora vůči referenčnímu vzorku. K výpočtu ukazatele kappa slouží vzorec (4). Obecně platí, že hodnoty kappa větší než 0,75 značí dobrou až vynikající shodu mezi operátory. Je-li hodnota pod 0,40, potom to signalizuje špatnou shodu [1]. Výsledky analýzy jsou shrnuty v tabulce 5.

$$kappa = \frac{p_o - p_e}{1 - p_e} \quad (4)$$

Tab. 5 Ukazatel kappa pro jednotlivé operátory ve vztahu k referenčním vzorkům

Ukazatel shody kappa			
	Operátor č. 1	Operátor č. 2	Zástupce vedoucího směny
kappa	0,13	0,25	-0,38
Požadavek - kappa minimálně 0,75			

Následně je možno stanovit efektivnost celého systému měření pro vizuální hodnocení. Hodnotí se podíl správných rozhodnutí operátorů k celkovému počtu možností pro rozhodnutí. Příručka MSA 4. vydání stanovuje vzorové kritérium efektivnosti následovně. Pod 80% se jedná o nepřijatelný systém měření pro operátora, mezi 80%-90% se jedná o marginálně přijatelný systém měření a nad 90% se jedná o přijatelný systém měření pro operátora [1]. Výsledky analýzy efektivnosti systému měření pro vizuální hodnocení jsou uvedeny v tabulkách 6 a 7. Tabulka 6 uvádí, v jakém procentu se operátor opakovaně shodne ve svém hodnocení. Tabulka 7 pak obsahuje informace, kolikrát operátor vyhodnotí referenční vzorek opakovaně správně.

Tab. 6 Procento shody opakovaného hodnocení jednotlivých operátorů

Procento shody operátora mezi svými hodnoceními			
	Operátor č. 1	Operátor č. 2	Zástupce vedoucího směny
celkový počet	8	8	8
počet shodných	7	2	5
	87,50%	25,00%	62,50%

Tab. 7 Procento opakovaně správného vyhodnocení reference jednotlivými operátory

Procento opakované shody operátora vůči referenci			
	Operátor č. 1	Operátor č. 2	Zástupce vedoucího směny
celkový počet	8	8	8
počet shodných	4	2	1
	50,00%	25,00%	12,50%

Po výpočtu ukazatele kapa a efektivnosti systému měření procentuálním vyhodnocením by mělo dojít ke kalkulaci hodnot chybějícího a zbytečného signálu [1]. Vzhledem k velmi neuspokojivým hodnotám ukazatele kapa i procentuálního vyhodnocení efektivnosti systému měření bylo v tomto konkrétním případě dohodnuto, že kalkulaci již nemá smysl provádět.

Vyhodnocení studie

Výsledky analýzy ukazují, že systém vizuálního hodnocení vad ve firmě nebyl pod kontrolou a v daném stavu byl zcela nevhodný. Na jednu stranu generoval spoustu špatných kusů, které se dodávaly zákazníkům, ale na druhou stranu se interně vyhazovaly výrobky, na nichž byly vady zákazníkem akceptovatelné. Ukazatel kapa se ani u jednoho operátora neblížil požadované úrovni (alespoň 0,75), u zástupce vedoucího směny byl dokonce záporný (což

znamená, že shodné kusy většinou hodnotil jako neshodné a naopak neshodné kusy většinou vyhodnotil jako shodné).

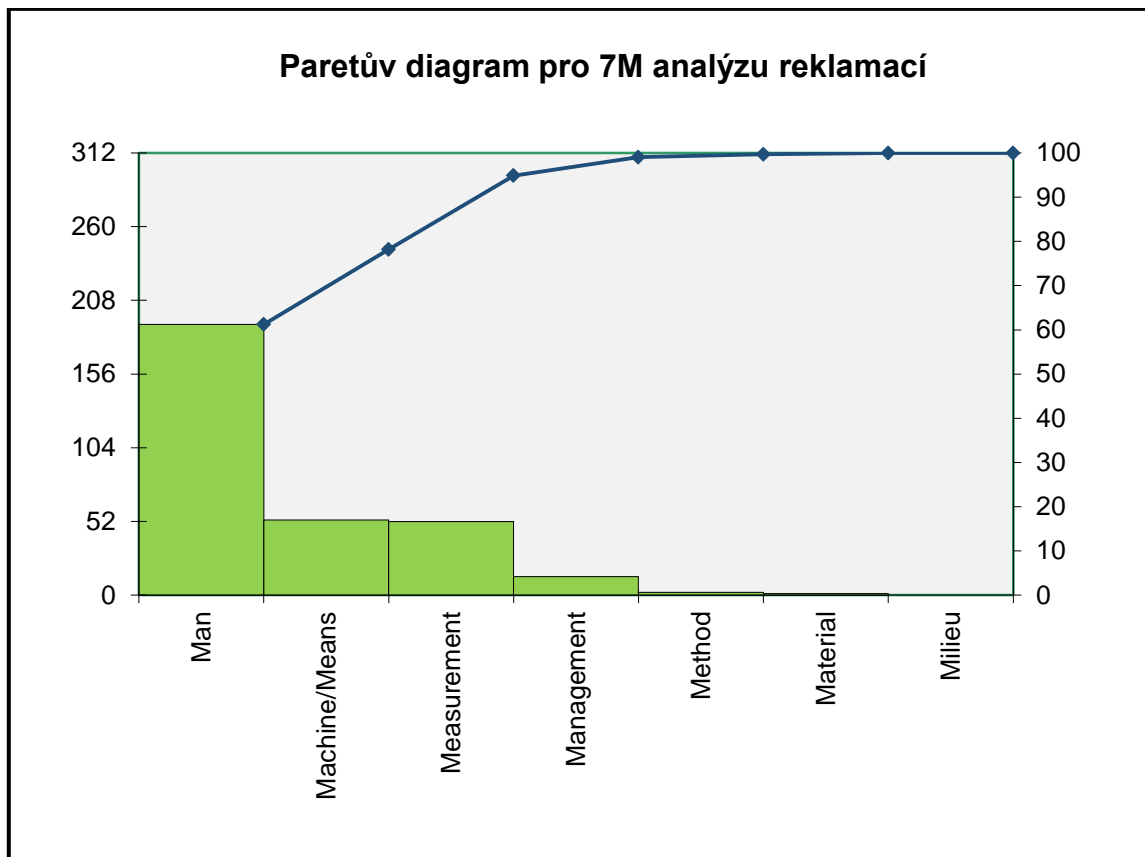
Z procenta shody vůči referenci je vidět, že zástupce vedoucího směny si byl jistý pouze u jednoho kusu z 8 celkových, nejlepšího výsledku dosáhl operátor č. 1 s 50% shodou. I tato úroveň je však pochopitelně neakceptovatelná.

Z ukazatele procenta shody operátorů vůči vlastnímu hodnocení lze odvodit, zda operátor nehodnotí vzorky zcela náhodně. Tedy jestli výsledek pouze netipuje (vyhodnocení mají vysokou variabilitu), případně zda opakovaně nevyhodnocuje danou vadu nesprávně (operátor není správně „zkalibrován“). Vidíme, že operátor č. 1 se opakovaně shodnul na výsledku svého vyhodnocení v sedmi případech (hodnota efektivnosti je 87,50%), nicméně vzhledem k tomu, že většinou vyhodnotil vzorky jako shodné (OK), je spíše otázkou, zda má na pracovišti vhodné světelné podmínky nebo nemá nějakou vadu zraku. S velkou pravděpodobností však nebyl správně průběžně trénován.

Další pozorování ve firmě potvrzující závěry ze studie systému měření

Fyzické pozorování ve firmě odhalilo, že zcela chyběl přehled o manuálních dovednostech jednotlivých operátorů i o jejich schopnostech vyhodnocovat vady. Vše bylo založeno zejména na zkušenostech a dovednostech vedoucích směn a jejich vnímání kvality. Většina kontrol předepsaných kontrolními plány jsou vzhledem k charakteru činnosti firmy vizuálního charakteru. Vůbec se však neověřovala rozlišovací schopnost vedoucích směn mezi shodným a neshodným výrobkem a analýza systémů měření metodou srovnáváním ukázala, že důvěra ve zkušenosti jednotlivých vedoucích směn může vést k deformaci pohledu na kvalitu i u ostatních operátorů ve výrobě. Ve firmě neexistoval žádný systémový přístup k ověření, zda všichni operátoři vnímají vady z katalogu vad vizuálně stejně. Nefungovala tedy žádná „kalibrace očí“ a její pravidelná kontrola. Tím zákonitě muselo docházet k „deformaci“ pohledu jednotlivých operátorů na kvalitu a rozlišitelnost, co je a co není shodný či neshodný výrobek.

Vše výše uvedené potvrdila také 7M analýza reklamací za celý předchozí kalendářní rok. Tato 7M analýza pomáhá blíže pochopit, zda příčinou reklamace je člověk, stroj, měření, management, metoda, materiál nebo prostředí. Ve firmě byly analyzovány všechny 8D reporty z předchozího kalendářního roku a do analýzy 7M zařazeny příčiny reklamací uvedené v těchto 8D reportech. Graficky je analýza znázorněna na obr. 1.



Obr. 1 Paretův diagram pro 7M analýzu reklamací

Z diagramu lze vidět, že inženýři ve firmě ve většině případů uvedli, že kořenovou příčinou reklamace je člověk (lidský faktor). Nicméně po detailní analýze ve firmě lze konstatovat, že pravou kořenovou příčinou byl fakt, že se s pracovníky ve výrobě nijak systematicky neworkovalo. Noví zaměstnanci byli po měsíci ve firmě umístěni do provozu, kde museli plnit výkonnostní normy, kde je zaškolovali pracovníci nezpůsobilí opakovaně rozlišit shodné a neshodné výrobky, kde vůbec neprobíhala „kalibrace“ očí.

Navržená opatření pro firmu

Tyto výsledky byly prezentovány managementu společnosti s doporučením pravidelného provádění studie systémů měření metodou srovnáváním jako nástroje pro „kalibraci“ očí všech operátorů s primárním důrazem na vedoucí směn. Toto pravidelné provádění má tyto základní cíle - sjednotit vnímání jednotlivých vad, pravidelně zlepšovat úroveň správného vyhodnocení vad a dostat do podvědomí pracovníků ve výrobě důležitost kvality. Jen takto je možno se spolehnout na vizuální kontrolu. Nástroj analýza systému měření tak neslouží pouze

pro ověření schopnosti správně vyhodnotit jednotlivé vady, ale lze jej dobře využít rovněž jako tréninkový nástroj, díky němuž se následně lze zaměřit na pravé příčiny vzniku jednotlivých vad a orientovat se dále na jejich odstranění. Pokud se bude možno spolehnout na výsledky vizuální kontroly, lze se rozhodovat na základě faktů, pracovat na preventivních přístupech a současně zvyšovat úroveň povědomí o kvalitě mezi výrobními pracovníky.

Zpětná vazba z firmy

Správnost navrženého opatření v této oblasti potvrdila zpětná vazba od vedoucího představitele kvality společnosti pro celou Evropu.

„Musím říct, že nám spousta věcí z Vaší prezentace u nás otevřela oči (zaměření na trénink lidí, „kalibrace“ lidí, informování o výstupech, podpora lidí v buňkách). Toto u nás již funguje na denní bázi. Za důležitý projekt považuji zejména „kalibraci“ lidí. To byl nosný pilíř při našem kvalitářském mítinku mezi pobočkami, ale i při setkání ředitelů jednotlivých závodů.“

Závěr

Článek pojednává o praktickém využití analýzy systému měření metodou srovnáváním. Společnosti, které vyhodnocují kvalitu svých produktů vizuálně, často spoléhají na pouhé zaškolení operátorů a seznámení s jednotlivými vadami. Jak mohu potvrdit ze své osobní zkušenosti, v mnoha případech však ani netuší, jak efektivní je jejich systém vyhodnocení vizuálních vad ve skutečnosti. K takovému zjištění může pomoci analýza systému měření metodou srovnáváním. Tento nástroj lze navíc velice dobře využít i jako tréninkový prostředek a součást procesu neustálého zlepšování. Smysl takového využití potvrzují pozitivní reference společnosti, kde tato analýza proběhla. Její využití jako nástroje „kalibrace“ lidí zavádí firma i ve svých dalších pobočkách.

Použitá literatura

- [1] *Analýza systémů měření (MSA)*. Praha: Česká společnost pro jakost. 2010. 231 s. ISBN 978-80-02-02323-5.