

**MJERENJE I PRAĆENJE VARIJABILNOSTI PROCESA  
KAO OSNOVA ZA EFEKTIVNO FUNKCIONISANJE PROCESA**  
**MEASURING AND MONITORING VARIABILITY OF PROCESS  
AS THE BASIC FOR EFFECTIVE FUNCTIONING OF PROCESS**

**Senada Pobrić, v.prof.dr.  
Daut Denjo, v.prof.dr.  
Univerzitet „Džemal Bijedić“  
Mašinski fakultet  
Mostar**

**REZIME**

*Standard sistema upravljanja kvalitetom ISO 9001 zahtjeva da se utvrde kriteriji i metode za mjerenje i praćenje procesa, kako bi se obezbijedilo njihovo efektivno funkcionisanje i kontrola. Efektivno funkcionisanje procesa podrazumijeva realizaciju procesa uz minimalne varijabilnosti uzrokovane slučajnim faktorima i postizanje izlaza zahtjevanog kvaliteta. Savremeni pristup upravljanju kvalitetom sve više naglasak stavlja na probleme usljed značajnih varijabilnosti ključnih parametara procesa, uzrokovanih nedopuštenim faktorima. Neki od problema koji se mogu javiti su: nezadovoljavajući nivo kvaliteta rezultata procesa, povećanje troškova kvaliteta procesa, ugrožen stepen zadovoljstva kupca. Zbog toga, u radu je istaknuta potreba za mjerenjem i praćenjem varijabilnosti procesa. Analizom dobijenih informacija dolazi se do zaključka o stabilnosti, preciznosti i tačnosti procesa, kao indikatorima kvaliteta procesa. Analiza varijabilnosti procesa prikazana je na primjeru procesa proizvodnje dijela "X", uz pomoć  $\bar{X}R$  kontrolne karte, indeksa preciznosti i indeksa tačnosti procesa.*

**Ključne riječi:** varijabilnost procesa, stabilnost procesa, preciznost procesa, tačnost procesa

**ABSTRACT**

*The standard ISO 9001 quality management system requires criteria and methods for measuring and monitoring processes to be established in order to improve their effective functioning and control. Effective functioning of the process implies the realization of the process with minimal variability caused by random factors and achievement of required quality output. The modern approach to quality management increasingly focuses on problems due to significant variability of key process parameters caused by inadequate factors. Some of the problems that may arise are: unsatisfactory level of quality of process results, increased costs of process quality, endangered degree of customer satisfaction. Therefore, this paper emphasized the need for measuring and monitoring process variability. The analysis of the obtained information leads to a conclusion on the stability, precision and accuracy of the process as process quality indicators. The process variability analysis is presented on the example of the production process of part "X", using the  $\bar{X}R$  control chart, precision index and accuracy index of process.*

**Keywords:** variability of process, stability of process, precision of process, accuracy of process

## 1. UVOD

Prilikom implementacije sistema upravljanja kvalitetom po standardu ISO 9001, potrebno je definisati procese koji se realizuju u organizaciji, kao i njihovo međusobno djelovanje. Standard ISO 9001 zahtjeva da se utvrde kriteriji i metode za mjerenje i praćenje procesa, kako bi se obezbijedilo njihovo efektivno funkcionisanje i kontrola. Postoje glavni procesi i procesi podrške. Glavni procesi su oni procesi koji su organizaciji neophodni da bi ostvarila svoju misiju. To su oni procesi koji su kritični za funkcionisanje organizacije, odnosno za postizanje njenog cilja. Uspješnost njihovog funkcionisanja zavisi od drugih međusobno povezanih procesa i oni predstavljaju procese podrške. Prisustvo varijabilnosti procesa može uticati na nivo kvaliteta rezultata procesa, na troškove kvaliteta procesa, na stepen zadovoljstva kupaca. Mjerenjem i praćenjem varijabilnosti procesa, a zatim analizom dobijenih informacija dolazi se do zaključka o stabilnosti, preciznosti i tačnosti procesa, kao indikatorima kvaliteta procesa. Za to je potrebna primjena odgovarajućih metoda. Najčešće se koristi kombinacija metode kontrolnih karata i proračun indeksa sposobnosti procesa, odnosno indeksa preciznosti i tačnosti.

## 2. PROCES

Proces je skup poslovnih aktivnosti kombinovanih zajedno koji uz pomoć resursa ulazne veličine pretvara u izlazne. Potrebno je definisati proces, predstavljajući ga putem sljedećih podataka:

- naziv procesa,
- oznaka procesa,
- vlasnik procesa,
- ciljevi procesa
- aktivnosti procesa,
- ulazi, dobavljači
- izlazi, kupci,
- dokumentacija relevantna za proces,
- dodatne napomene u vezi procesa (specifičnosti, bitni uticaju, resursi, ...),
- ključni parametri koji će se mjeriti radi ocjene efektivnosti i efikasnosti procesa.

Za praćenje efektivnosti funkcionisanja procesa potrebno je prethodno definisati njegove ključne parametre. Mjerenjem i praćenjem ključnih parametara realizacije procesa, uspostavlja se jedan upravljački pristup nad procesom. Bez mjerenja se ne zna kako se uspješno realizuje proces, odnosno da li će se ostvariti rezultat zahtjevanog kvaliteta. Mjerenje je preduslov za poboljšanje procesa.

### 2.1. Varijabilnost procesa

Svaki proces podložan je varijabilnosti i predstavlja odstupanje ključnih parametara procesa od ciljne vrijednosti. U zavisnosti od karaktera varijabilnosti ono može, a ne mora, uticati na nivo kvaliteta rezultata procesa. Ako se radi o minimalnim odstupanjima, koja su neminovna i dopuštena pri realizaciji procesa, onda ne dolazi do narušavanja kvaliteta rezultata procesa. Međutim, usljed pojave velikih, nedopuštenih varijabilnosti, kvalitet rezultata procesa postaje upitan, javljaju se troškovi zbog nekvaliteta, a stepen zadovoljstva kupca dovodi se u pitanje. Ako se želi proces čija se realizacija odvija sa zadovoljavajućim nivoom kvaliteta, da se pri tome ne poskupljuje proces usljed pojave troškova zbog nekvaliteta i da se postiže zadovoljavajući stepen zadovoljstva kupca, neminovno je mjerenje i praćenje varijabilnosti procesa. Statistički parametar koji predstavlja mjeru varijabilnosti posmatranog procesa je standardna devijacija  $\sigma$ . Standardna devijacija je srednje kvadratno odstupanje od aritmetičke sredine dobivenih

vrijednosti posmatranog parametra procesa. Kada se varijabilnost procesa, izražena preko  $\sigma$ , analizira u odnosu na zadanu toleranciju procesa, ustvari analizira se preciznost i tačnost procesa. Indeksi koji pomažu u analizi su indeks preciznosti  $C_p$  i indeks tačnosti procesa  $C_{pk}$ . Indeks preciznosti je mjera koja pokazuje rasipanje vrijednosti posmatranog parametra u odnosu na granice tolerancije. Ne uzima u obzir centriranost procesa i predstavlja odnos propisane ( $T$ ) i prirodne tolerancije ili rasipanja procesa ( $T_p$ ):

$$C_p = \frac{GGT - DGT}{6\sigma} = \frac{T}{T_p} \quad \dots (1)$$

Indeks tačnosti procesa je mjera koja pokazuje koliko su vrijednosti posmatranog parametra centrirani u odnosu na sredinu tolerantnog polja. Računa se na sljedeći način:

$$C_{pk} = \frac{Z_{\min}}{3\sigma} \quad \dots(2)$$

$$Z_{\min} = \min(GGT - \bar{X}, \bar{X} - DGT) \quad \dots(3)$$

gdje su:

$GGT$  - gornja granica tolerancije

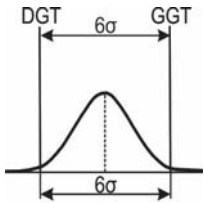
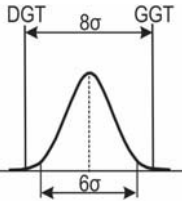
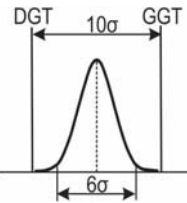
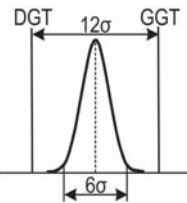
$DGT$  - donja granica tolerancije

$\sigma$  - standardna devijacija

$\bar{X}$  - srednja vrijednost rezultata mjerenja parametra procesa.

Povezanost vrijednosti  $C_p$  i  $C_{pk}$  sa zadanom tolerancijom  $T$  izraženu preko varijabilnosti procesa  $\sigma$ , predstavljeno je u sljedećoj tabeli.

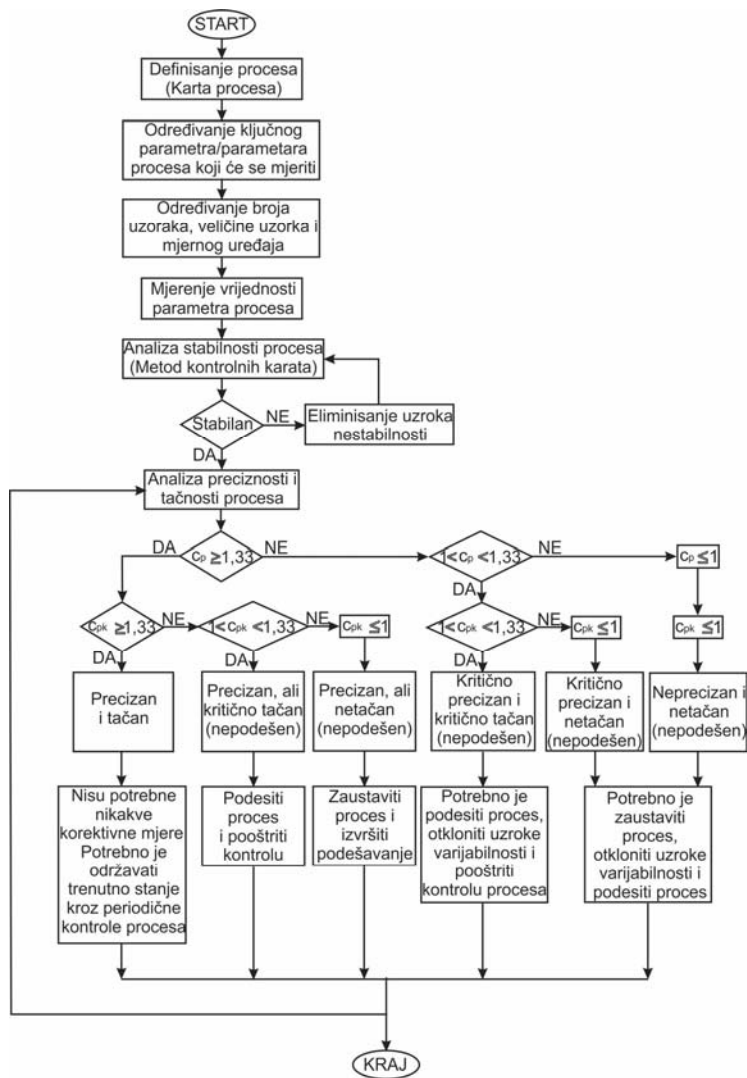
Tabela 1. Veza indeksa sposobnosti sa varijabilnošću procesa

$C_p, C_{pk}$	1,0	1,33	1,66	2,0
tolerancija	$6\sigma$	$8\sigma$	$10\sigma$	$12\sigma$
% tolerancije	100%	75%	60%	50%
				

Analiza preciznosti i tačnosti procesa ima smisla samo za procese koji su stabilni, odnosno koji su dovedeni u stanje pod kontrolom. Najčešće korištena metoda koja analizira stabilnost procesa je metod kontrolnih karata. Kontrolna karta predstavlja vremensku sliku stanja, promjena i tendencija procesa, odnosno varijabilnosti procesa. Cilj primjene ove metode je sprečavanje proizvodnje neusklađenih proizvoda i stabilizacija procesa na osnovu otkrivanja nadopuštenih faktora i njihovo isključivanje iz toka procesa. Osnovni elementi kontrolne karte su donja i gornja kontrolna granica (granice regulisanja) i centralna linija. Zavisno od tendencija procesa i mjesta i trenutka prekoračenja kontrolnih granica na karti, nužno je izvršiti regulaciju procesa kako bi se proces vratio u granice stabilnosti tj. da bi se u cijelom toku vremenske ose procesa, obezbjedio propisani nivo kvaliteta datih proizvoda.

### 3. ANALIZA STABILNOSTI, PRECIZNOSTI I TAČNOSTI PROCESA

Sposoban proces je proces koji ima sposobnost da realizuje proizvode unutar zahtjevanih granica tolerancije, s tim da kvalitet procesa određuje njegovo rasipanje. Da bi proces bio sposoban on prvenstveno mora biti stabilan, a zatim precizan i tačan. Postupak analize stabilnosti, preciznosti i tačnosti procesa prikazan je putem dijagrama toka (Slika 1.).



Slika 1. Postupak analize stabilnosti, preciznosti i tačnosti procesa

### 4. POSTUPAK ANALIZE SPOSOBNOSTI PROCESA IZRADE DIJELA "X"

Kao primjer postupka analize sposobnosti procesa uzet je u razmatranje proces izrade dijela "X", u preduzeću "Y". Proces se sastoji od niza aktivnosti, gdje je jedan od ključnih parametara, koji se kontroliše, masa gotovog dijela "x". Nakon definisanja procesa, navodeći podatke o procesu, predstavljene u poglavlju 2., pristupa se postupku mjerenja parametra "x".

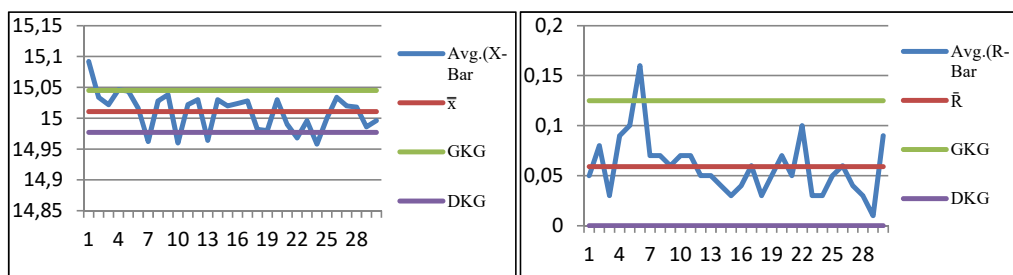
#### 4.1. Postupak mjerenja parametra "x"

Zahtjevana vrijednost parametra "x" je  $15,10^{+0,13-0,20}$ g. Na osnovu mase, kao ključnog parametra, ocjenit će se kvalitet procesa izrade dijela "X". Uzeto je 30 uzoraka ( $k=30$ ), veličine 5 komada ( $n=5$ ) i na njima mjeren parametar "x". Mjerenje je izvršeno pomoću elektronske vage za mjerenje mase. Uslov za praćenje varijabilnosti procesa je da je mjerni sistem (elektronska vaga) sposoban. Iako u ovom radu nije rađena analiza sposobnosti mjernog sistema, zadovoljili smo se uslovom da je rezolucija R elektronske vage  $\leq 5\%$  zadane tolerancije T ključnog parametra "x":

$$R=0,01 \leq (5/100) \cdot T=0,05 \cdot 0,33=0,0165$$

#### 4.2. Analiza stabilnosti procesa

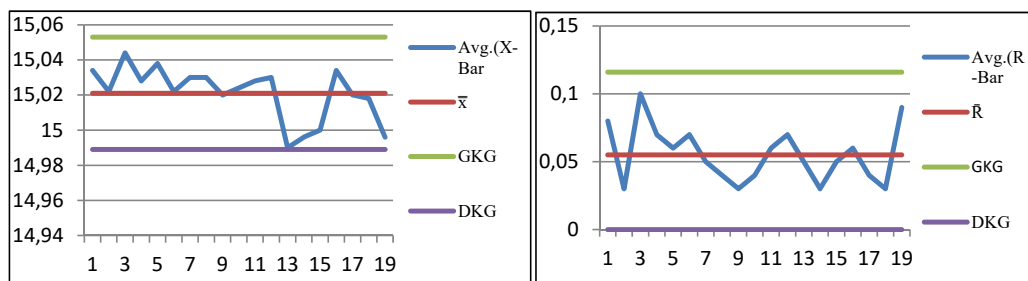
Pomoću  $\bar{X}$ -R kontrolne karte izvršit će se analiza stabilnost procesa. Veličina uzorka i broj uzoraka odgovaraju navedenoj karti. Na osnovu izmjerenih vrijednosti za svaki uzorak izračunata je srednja vrijednost  $\bar{X}$  i raspon uzorka R. Za konstrukciju  $\bar{X}$ -R kontrolne karte (Slika 2.), proračunate su kontrolne granice (granice regulisanja) i centralna linija [1,2]:  $CL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} = 15,0106$ ;  $CL_R = \bar{R} = 0,059$ ;  $GKG_{\bar{X}} = 15,045$ ;  $DKG_{\bar{X}} = 14,977$ ;  $GKG_R = 0,125$ ;  $DKG_R = 0$



Slika 2.  $\bar{X}$ -R kontrolna karta (nestabilan proces)

Zaključak: Nestabilan proces pošto su tačke (1,4,6,7,10,13,22,24) ispale van zadanih kontrolnih granica. Potrebno je eliminisati uzroke nestabilnosti, eliminisati tačke koje su van kontrolnih granica i proces dovesti u stabilno stanje. To će zahtjevati određene korekcije kontrolnih granica. Nakon 3. korekcije proces je doveden u stabilno stanje (Slika 3.), sa dobivenim sljedećim elementima kontrolne karte:

$CL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} = 15,021$ ;  $CL_R = \bar{R} = 0,055$ ;  $GKG_{\bar{X}} = 15,053$ ;  $DKG_{\bar{X}} = 14,989$ ;  $GKG_R = 0,116$ ;  $DKG_R = 0$



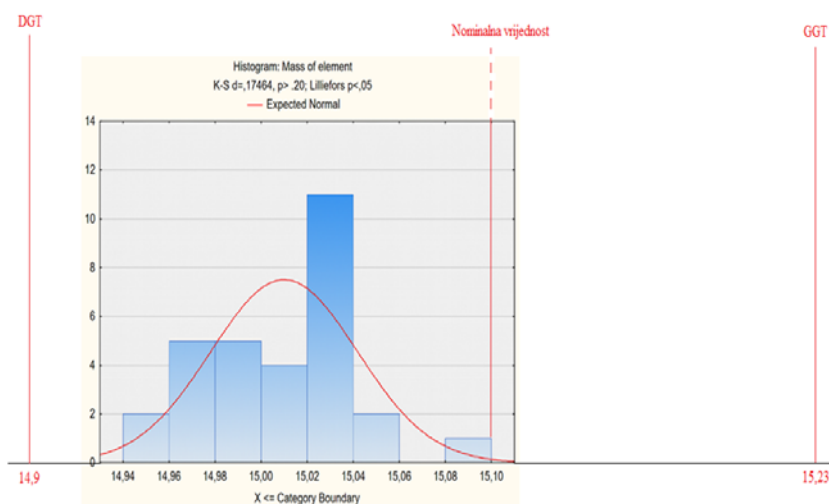
Slika 3.  $\bar{X}$ -R kontrolna karta (stabilan proces)

### 4.3. Analiza preciznosti i tačnosti procesa

Proračunom indeksa preciznosti i indeksa tačnosti dobijene su sljedeće vrijednosti:

$C_p = 2,29$  tj.  $C_p > 1,33 \Rightarrow$  proces je precizan (mala varijabilnost u odnosu na toleranciju)

$C_{pk} = 1,68$  tj.  $C_{pk} > 1,33 \Rightarrow$  proces je tačan (nepodešenost procesa je u dozvoljenim granicama tolerancije), što je i uočljivo na Slici 4. Za takav proces nisu potrebne korektivne mjere, samo je potrebno održavati trenutno stanje kroz periodične kontrole procesa. Takođe, potrebno je provjeriti zadanu toleranciju, jer ona može biti uzrok nevalidnosti dobijenih rezultata indeksa preciznosti i tačnosti, a što može navesti na pogrešan zaključak.



Slika 4. Varijabilnost procesa (histogram i Gausova kriva)

## 5. ZAKLJUČAK

U poslovnom svijetu potrebno je poklanjati posebnu pažnju varijabilnosti procesa, posebno iz razloga što igra veliku ulogu u konkurentskoj prednosti. Značaj praćenja i analize varijabilnosti procesa, sa aspekta proizvođača, ogleda se u smanjenju troškova kvaliteta procesa, a sa aspekta kupca, u povećanju stepena zadovoljstva kupca i postizanju zahtjevanog kvaliteta. Kombinacijom metode kontrolnih karata i indeksa sposobnosti procesa može se uspješno pratiti i analizirati kvalitet realizacije procesa.

## 6. REFERENCE

- [1] J.S.Oakland: Statistical Process Control, 4<sup>rd</sup> edition, England, London, 2000.
- [2] Klarić, S., Pobrić, S.: Upravljanje kvalitetom - alati i metode poboljšanja, Univerzitet "Džemal Bijedić", Mašinski fakultet, Mostar, 2009.
- [3] Kovačić G., Kondić Ž.: Statistička analiza sposobnosti procesa proizvodnje stretch folije, Stručni članak, Tehnički glasnik, ISSN 1864-6168, Vol.6, No.2, 2012., Sveučilišni centar Varaždin, Varaždin, Hrvatska, 2012.
- [4] Radoslav Vučurević, Zdravko Krivokapić i ostali: Uticaj mjera unapređenja na vrijednosti indeksa sposobnosti procesa proizvodnje, 40. Nacionalna konferencija o kvalitetu, Festival kvaliteta 2013., Kragujevac, 2013.
- [5] Miodrag Lazić: Sposobnost procesa - merenje i ocena kvaliteta procesa, 38. Nacionalna konferencija o kvalitetu, Festival kvaliteta 2011., Kragujevac, 2011.