

### **3. KONTROLA KVALITETA U PROIZVODNJI I 6 SIGMA KONCEPT**

#### **3.1. Strukturno rešavanje problema**

Suština uspešne primene LEAN optimizacije, odnosno Kaizen principa, leži u pristupu strukturnog rešavanja problema. U osnovi strukturnog rešavanja problema (Structured Problem Solving – SPS) leži potreba za otklanjanje uzroka problema a ne njihovih posledica. Naime, u jednom pogonu mesne industrije, zaposleni su se žalili da im je hladno. Jedan menadžer je predložio da im se kupe deblje jakne i kape, kao deo radne uniforme. Drugi menadžer je razmotrio rad izmenjivača toplote i ustanovio da je njihov mlaz hladnog vazduha direktno usmeren u radnike na traci. Jednostavnom promenom smera duvanja hladnog vazduha, problem je rešen – na nivou uzroka.

Ova metoda se u suštini zasniva na posedovanju baze podataka uočenih problema. Navedena baza se sakuplja putem Gemba šetnji i ostalih tehnika komunikacije sa zaposlenima.

Svakako, postoje brojne tehnike koje se potom mogu primeniti na postojećoj bazi. Jedna od najprisutnijih tehnika za rešavanje problema, u praksi, je tehnika 8D ali svakako tu se primenjuju i sve ostale Kaizen – Lean metode, o kojima će biti reči u daljem tekstu. Osam disciplina rešavanja problema (8D) je sistematska, holistička i proverena metodologija dizajnirana da identifikuje osnovni uzrok problema, planira brzo rešenje i primeni korektivne i preventivne radnje kako bi se izbeglo njihovo ponavljanje.

Koraci u 8D tehnici uključuju:

- Identifikaciju problema (koja se dešava tokom Gemba šetnje),
- Formiranje tima (ovo nije Gemba tim – već tim koji će rešavati uočeni problem),
- Opisivanje problema,
- Sadržaj problema (razlaganje istog sve do nivoa elementarnih operacija),
- Definisavanje RCA (analiza porekla uzroka problema),
- Definisavanje potencijalnih korektivnih akcija i izbor optimalnih,
- Implementacija aktivnosti korekcije,
- Izbegavanje/Prevenција ponovne pojave problema,
- Čestitke/nagrada članovima tima.

U početku, kada tek uvedu Lean koncept i Kaizen, organizacije primenjuju more različitih tehnika i metoda. Kasnije, broj se smanjuje i koriste se samo one koje su

toj organizaciji najkorisnije.

Od suštinskog značaja u uspešnoj primeni SPS-a je metrika. Naime, pošto se obično meri trenutno stanje ključnih indikatora procesa (KPI), potom se analizira mogućnost njihovog poboljšanja u odnosu na postavljene ciljeve, zatim definišu akcije (koje mogu biti manjeg obima ili čitavi projekti unapređenja) i na kraju se mere unapređenja. Od suštinskog značaja je odabrati adekvatnu metriku KPI-a. Pri tome, sami KPI mogu biti povećanje efikasnosti procesa, smanjenje škarta, povećanje iskorišćenja kapaciteta opreme, smanjenje trajanja vremena proizvodnog ciklusa i brojni drugi. Neke od njih je moguće meriti kvalitativno a neke kvantitativno, Međutim svi oni se sekundarno svode na jedinstvenu metriku a to je novac. Kako KPI može biti i stanje bezbednosti i zdravlja na radu i/ili ekološki otisak procesa, tu merilo nije (ili ne bi trebao da bude) novac već zadovoljstvo zaposlenih, smanjenje broja povreda, zadovoljstvo stanovništva koje živi u okruženju, što takođe treba uzeti u obzir kod određivanja merne skale KPI-a.

U suštini, zato je bitno dobro definisanje problema uočenog tokom Gemba šetnje. Ukoliko se dobro definiše problem, lakše se nađe rešenje. Ukoliko je problem urgentan, prvo se sprovode kratkoročne mere, te se potom ide na temeljno – sistematsko rešavanje uzroka problema. Za brzo rešavanje problema se koriste tehnike kao što je root cause analysis (RCA) – analiza osnovnog uzroka, o kojoj će biti više reči na sledećem predavanju.

Česta greška je da se brzim rešavanje problema, odustane od njegove systemske analize, jer se prelazi na drugi novi problem. Tu se rizikuje da se posle nekog vremena problem ponovi.

Mali problemi rešavaju se kratkoročnim akcijama, veći problemi za rešenje zahtevaju cele projekte sa timovima iz raznih oblasti. Nekad se angažuju i eksterni timovi.

Iz navedenog razloga, kao prateći dokument Kaizen-a, često se koriste takozvani Kaizen Charter formulari. Primer jednog Kaizen Charter Formulara je dat na slici 3.0.

### Kaizen Charter Form

Kaizen Name:							
Scope	Process Name:						
	Start Point:						
	End Point:						
	Does VSM Exist?			VSM Owner or Exec. Sponsor:			
	Value Stream Name:						
Leaders	Charter Author:			Champion:			
	Date Created:			Team Leader:			
	Current Revision:			Facilitator:			
Strategy	Problem Statement:						
	Corporate strategy / goals improved by this kaizen				Notes		
	1						
2							
Overview	Kaizen Summary			Key Deliverables (in order of importance)			
				1			
				2			
				3			
				4			
Metrics		QDCSM	Metric	Units	Current	Goal	% Δ
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
Resources		Name	Job Title	Training Needs			
	1						
	2						
	3						
	4			Special Equipment / Materials		Date Arranged	
	5						
	6			1			
	7			2			
	8			3			
	9			4			
	10			5			
	Resource Team	On-Call Dates	Schedule				
1			Duration (Days):				
2			Start Date:				
3			End Date:				
4			Daily Start Time:				
5			Report Out Date / Time:				
<a href="http://www.Velaction.com">www.Velaction.com</a> © Copyright 2010 by Velaction Continuous Improvement, LLC.						Attachments?	

*Slika 3.0. Primer Kaizen Charter formulara (pojašnjenje – VSM: Value Stream Map, Kaizen šampion bi idealno bio top menadžer organizacije u kojoj se Kaizen sprovodi, mada je zadovoljavajuće da to bude funkcionalni menadžer organizacione jedinice u kojoj se Kaizen događaj sprovodi; Team leader je vođa interdisciplinarnog tima koji će raditi na rešavanju uočenog problema; Facilitator je osoba koja olakšava rad timu, ona je odgovorna za obuku i vodi tim kroz Kaizen proceduru. Naime, članovi tima su eksperti iz različitih funkcionalnih oblasti a facilitator je ekspert iz oblasti Kaizen-a)*

Treba istaći, kod merenja problema, da svako ima svoju viziju problema. Zato je potrebno imati multidisciplinarni Kaizen tim. Takođe, kod primene SPS-a je važno imati i facilitatora tima, kao i tim lidera. U velikim organizacijama sprovodi se više projekata unapređenja u isto vreme, pa je tu potreban i top facilitator, koji koordinira više timova. Takođe, od značaja je i uigranost tima, jednom formiran tim za SPS je od velike vrednosti i treba izbeći čestu zamenu članova. Takođe je važna i konzistentnost sastava tima. Tim lider pojedinačkih timova je obavezno iz proizvodnje, odnosno član koji poznaje proces. Ostali članovu su iz drugih funkcionlanih sektora, uključujući i člana sektora za kontinualno poboljšanje procesa (LEAN – Kaizen ekspert – koji je Facilitator).

Takođe, od velikog značaja je i primena savremenih informaciono-komunikacionih tehnika i alata.

Najveći problem u rešavanju uočenih problema u praksi su pretpostavke. Pretpostavka, po principu da nešto sigurno nije razlog .... a često je baš upravo to razlog...Pri tome, ne treba bežati od jednostavnih razloga i ne treba nepotrebno komplikovati analizu i rešenje problema.

Nekada su od suštinskog značaja u timovima za SPS bili isključivo predstavnici proizvodnog sektora, pošto je i sam Kaizen inicijalno osmišljen za proizvodnju. U savremenom poslovanju se IT sektor sve više uključuje u ove timove. Takođe, od značaja su predstavnici sektora zdravlja i bezbednosti na radu, R&D sektor, predstavnici sektora zaštite životne sredine, i svi oni rade u koordinaciji, kao članovi Kaizn tima.

### **3.2. Kvalitet**

O kvalitetu kao značajnom segmentu za ocenu vrednosti finalnih proizvoda poslovno proizvodnih sistema (PPS-a), već je bilo dosta reči i na prethodnim terminima nastave. U daljem tekstu, biće navedene osnovne formulacije koje se odnose na direktnu kontrolu kvaliteta pre, u toku i na kraju proizvodnog procesa, kao i o alatima kontrole kvaliteta. Kao jedan od osnovnih segmenata kontrole kvaliteta, biće ukratko opisan i 6 sigma koncept.

Naravno, ovde će biti predstavljeni samo konceptualni okviri navedenih alata, obzirom da je upravljanje kvalitetom predmet posebnog kursa koji inženjeri industrijskog inženjerstva izučavaju, te bi trebalo da su polaznici ovog kursa upoznati sa većinom alata koja se ovde pominje.

Kako je već poznato, pored cene i vremena, odnosno roka isporuke, kvalitet proizvoda je osnovni elemenat konkurentne pozicije svakog poslovno-proizvodnog sistema na tržištu. Adekvatno shvatanje kvaliteta podrazumeva brojne parametre - svojstva, koje proizvod mora da zadovolji sa stanovišta kupca-korisnika, ali i sa

stanovišta proizvođača. Naime, poimanje kvaliteta od strane krajnjeg korisnika i iz ugla proizvođača, ponekad nije identično.

Jedna od definicija kvaliteta glasi: "*Kvalitet je skup svih svojstava i karakteristika proizvoda, procesa ili usluge koje se odnose na mogućnost da zadovolje utvrđene ili indirektno izražene potrebe kupaca*".

U skladu sa iskazanim shvatanjem kvaliteta proizvoda, proizilazi da se kvalitet proizvoda stvara u procesu nastanka od ideje, odnosno oživotvorenja te ideje kroz odgovarajuća rešenja, preko realizacije u proizvodnji pa sve do korišćenju proizvoda od strane kupca i servisiranja. Prema tome, u stvaranju kvaliteta učestvuju neposredno i posredno, više ili manje izraženo, svi zaposleni kroz obavljanje svojih radnih zadataka na planiranom, projektovanom ili očekivanom nivou.

Aktivnosti kontrole kvaliteta su neophodne kako za merenje performansi finalnog proizvoda, tako i za merenje pokazatelja performansi samog proizvodnog procesa i najčešće se zasnivaju na statističkim alatima, koji uključuju metode uzorkovanja. Ipak, zbog statističke prirode uzorkovanja, dobijeni rezultati mogu rezultovati netačnim zaključcima koji se klasifikuju kao greška *I* i greška *II* tipa.

Greška *I* tipa uključuje vršenje izmena na uzorku kada to nije potrebno, dok greška tipa *II* uključuje mogućnost ne vršenje izmena kada je potrebno da se one učine.

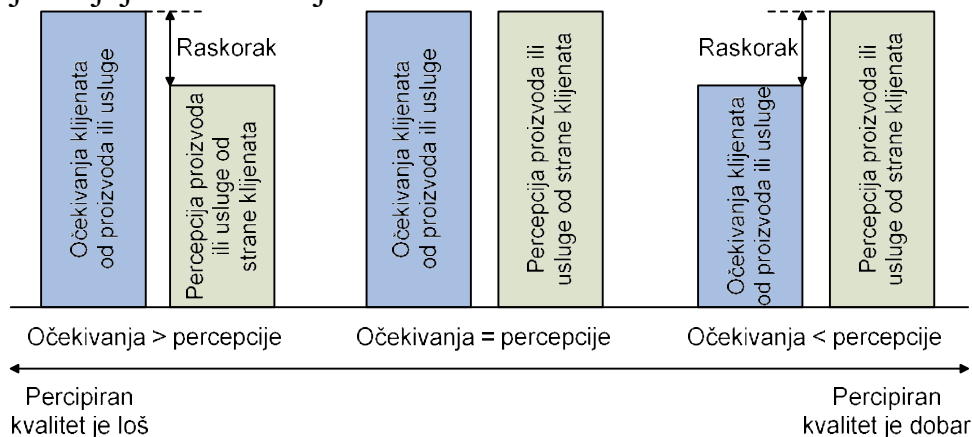
### **3.2.1 Osnovne metode kontrole kvaliteta u proizvodnji**

Kako je već više puta rečeno, kvalitet je jedan od osnovnih elemenata performasnih procesa proizvodnje. U mnogim organizacijama postoje posebna odeljenja koja su posvećena jedino upravljanju i kontroli kvaliteta, obzirom da je kvalitet izuzetno značajan aspekt. Takođe, unapređenje kvaliteta može pozitivno uticati na druge aspekte operacionih performansi proizvodnog procesa, odnosno može doći do uvećanja prodaje, te samim time i do uvećanja profita.

Nivo kvaliteta performansi proizvoda definiše se na osnovu zahteva stvarnih ili potencijalnih korisnika, u toku razvoja novih ili istraživanja u cilju unapređenja postojećih proizvoda. Svaka operacija, odnosno proizvodni proces kao skup različitih operacija, izvodi se sa ili bez odstupanja u odnosu na definisane zahteve koji pretpostavljaju kvalitet izlaznog proizvoda. Sami nivoi kvaliteta se u savremenom poslovanju najčešće vezuju za primenu adekvatnih standarda kvaliteta. Takođe, pored kvaliteta, neophodno je odrediti i kvantitet, što je u većini slučajeva definisano količinom ispravnih komada koji se očekuju u okviru proizvodne serije. Tu treba imati u vidu da su stanovišta i očekivanja proizvođača različita od stanovišta krajnjih korisnika, po ovom pitanju.

Iz ugla proizvođača, zavisno od nivoa kontrole i opreme koja se koristi u procesu

proizvodnje, moguće je tolerisati izvestan procenat neispravnosti u toku, odnosno na kraju procesa proizvodnje. Drugim rečima u okviru proizvodne serije, proizvođač može tolerisati izvestan nivo škart proizvoda. Sa druge strane, sa stanovišta krajnjeg korisnika-kupca, kriterijum je svakako drugačiji. Naime, ukoliko krajnji korisnik kupuje jedan, ili manji broj komada proizvoda, onda svakako da očekuje da ti proizvodi budu u skladu sa definisanim nivoom kvaliteta, odnosno da bude na maksimalnom nivou ispravnosti. Slikovito, ovaj jaz između posmatranja proizvođača i očekivanja krajnjih korisnika je dat na slici 3.1.



Slika 3.1. Jaz između definisanog nivoa kvaliteta i očekivanja krajnjih korisnika

Kako bi se postiglo da ovaj jaz između očekivanja kupaca i definisanog nivoa kvaliteta bude što manji, neohodno je sprovesti sledeću proceduru obezbeđenja kvaliteta:

**1. Definirati željene karakteristike kvaliteta.** Različite za različite tipove proizvoda.

**2. Odlučiti kako meriti karakteristike kvaliteta.** Da li meriti masu, dužinu, brzinu proizvoda ili bilo koju drugu fizičku veličinu ili atribut proizvoda.

**3. Postaviti standard kvaliteta za svaki od karakteristika kvaliteta.** Definirati nivo kvaliteta koji određuje granicu između prihvatljivog i neprihvatljivog proizvoda (škarta).

**4. Kontrolisati kvalitet prema ovim standardima.** Gde? (na početku procesa, tokom procesa, nakon procesa), Uzorak ili svaki proizvod? (obično je previše skupo ili nemoguće proveriti baš svaki proizvod, posebno kod masovne proizvodnje) i Kako? (metode provere, primena SPC).

**5. Pronaći i ukloniti razloge lošeg kvaliteta.** Ukoliko proizvodi nisu na nivou definisanom standardom odrediti adekvatne mere korekcije.

**6. Činiti kontinualna unapređenja.** Ovo je suština progresa bilo kog menadžment procesa.

Kvalitet finalnih proizvoda na izlazu poslovnno-proizvodnog sistema se postepeno stvara počev od ulaza repro materijala, te kroz proces proizvodnje uz istovremeno delovanje brojnih uticajnih faktora kao što su čovek, alati, mašine, tehničko-tehnološki nosioci informacija. U tu svrhu, potrebno je usvojiti adekvatne metode i tehnike kontrolisanja stanja i promena odabranih uticajnih faktora. Pri tome, očigledno je da u proizvodnji istovremeno deluje veliki broj različitih faktora koji mogu biti od uticaja na postignuti nivo kvaliteta. Samim time, neophodno je permanentno vršiti kontrolu kvaliteta, koja može biti:

- preventivna, u smislu sprečavanja nastanka odstupanja od definisanog nivoa kvaliteta,
- arbitražna u smislu procenjivanja, prijema odnosno odbacivanja proizvoda, prema usvojenim kriterijumima kvaliteta.

Prema tome, kako je krajnji cilj da se broj neispravnih proizvoda maksimalno smanji, te da su proizvodi koji se isporučuju krajnem korisniku, ili koji se javljaju na tržištu, potpuno ispravni, kontrolom kvaliteta treba obuhvatiti:

1. *Kontrolu uslova za proizvodnju:*

- kontrola materijala, delova, postrojenja i sve ostale opreme, alata i pribora koji se koristi u proizvodnji,
- kontrola tehničke dokumentacije: radioničkih crteža i sve druge proizvodne dokumentacije, koja služi kao podloga za proizvodnju.

2. *Kontrola izvršavanja radnih zadataka:*

- kontrola svih operacija, faza proizvodnje svih delova, podsklopova, sklopova,
- kontrola gotovih proizvoda.

Za vršenje kontrole koriste se kontrolni uređaji, pribor, alati, itd. Takođe, za kontrolu kvaliteta na raspolaganju su i metode kontrole kvaliteta. U pogledu kontrolnih metoda i postupaka treba razlikovati empirijske i statističke metode.

Empirijske metode obuhvataju takozvanu 100% kontrolu svakog proizvedenog proizvoda, koja je takođe prisutna i kod TQM tehnike opisane u prethodnom tekstu. Metode statističke kontrole procesa (Statistic Process Control - SPC) predstavljaju metod za monitoring, kontrolu i, u idealnom slučaju, unapređenje procesa preko statističke analize, koji je još odavno ustanovljen i prisutan. Četiri osnovna stadijuma SPC uključuju merenje performansi procesa, eliminisanje identifikovanih promena u procesu, praćenje prirodnih varijacija procesa i unapređenje procesa u smislu smanjenja prirodnih varijacija do željene vrednosti.

SPC se takođe bavi proverom proizvoda/usluge tokom njihovog nastanka. Ukoliko postoji razlog verovanja da se u procesu pojavio određeni problem, sam proces se

zaustavlja i problem rešava. Značajna vrednost SPC nije samo u tome da se čine provere pojedinačnih uzoraka, već u monitoringu rezultata tokom perioda vremena, upotrebom *kontrolnih karata*. Ukoliko deluje da proces izlazi van kontrole, moraju se preduzeti koraci pre pojave većeg problema ili havarije u procesu. Takođe, značajna primena kontrolnih karata je provera trendova. Ukoliko trend nagoveštava da se proces postepeno pogoršava, onda ima smisla dalje istraživati odstupanja. Čak i ukoliko se proces poboljšava, potrebno ga je istražiti kako bi se najbolja praksa unapređenja mogla podeliti sa čitavim sistemom.

Prema tome, SPC uključuje korišćenje procesnih kontrolnih karata. Kao primeri kontrolnih karata u praksi se sreću:

- X-bar: Prosečna performansa procesa sa korišćenjem podgrupa.
- I: Prosečan učinak bez podgrupa.
- R: Varijacija (opseg) procesa sa podgrupama.
- S (ili  $\sigma$ ): Varijacija (standardna devijacija) sa podgrupama.
- MR: Varijacija (pokretni opseg) bez podgrupa.
- C: Broj nedostataka u podgrupi.
- P: Udeo neispravnih proizvoda.
- U: Broj nedostataka u jedinici proizvoda ili usluge.

od kojih su najčešće X i R karte (odnosno njihova kombinacija koja predstavlja X-R krtu), za praćenje performansi svake kritične karakteristike preduzeća. Pri čemu se X karta zasniva na aritmetičkoj sredini uzorka, dok se R karta zasniva na rasponu varijacije izmerenih vrednosti uzoraka. Za konstrukciju ovih karata koriste se mali uzorci koji se uzimaju u redovnim intervalima i izmereni podaci se beleže na dijagrame. Određivanjem i crtanjem gornje i donje kontrolne granice, koje su obično  $\pm 3$  standardne devijacije prirodne varijacije ( $\sigma$ ), kontrolne karte mogu predstavljati moćni alat za praćenje kvaliteta. One mogu označiti situaciju van kontrole, trendove, netačna podešavanja mašina i uređaja i druge ključne podatke o procesu.

Menadžeri proizvodnje takođe koriste procesne kontrolne karte za razlikovanje normalnih varijacija koje se mogu javiti u procesu i varijacija koje se javljaju kad proces ide van kontrole. Ove karte zasnivaju se na standardnom načinu konstrukcije i proračuna, čime isključuju potrebu da operateri imaju opširno znanje teorijske statistike, ipak, moraju razumeti koncepte i način upotrebe karti u praksi. Takođe, postoje i brojni softverski alati koji u sebi sadrže predefinisane forme kontrolnih karata, u koje operateri jednostavno trebaju da unesu podatke izmerene u procesu, ili da omoguće automatsku akviziciju.

### **3.2.1.1 Kontrolne karte**

U cilju praćenja kvaliteta u toku procesa proizvodnje i uočavanje prisustva



odstupanja koja bi mogla da dovedu do odstupanja od definisanog kvaliteta koriste se kontrolne karte.

Obzirom da kvalitet može biti definisan: kvantitativno, preko određenih merljivih obeležja i opisno (dobar - loš) kao skup pojedinačnih obeležja kvaliteta razmatranih istovremeno, postoje i različiti vidovi kontrolnih karti.

U prvom slučaju, za kvantitativni - numerički definisan kvalitet najčešće se koriste sledeće kontrolne karte:

X-karta ( $\bar{x}$  - aritmetička sredina),

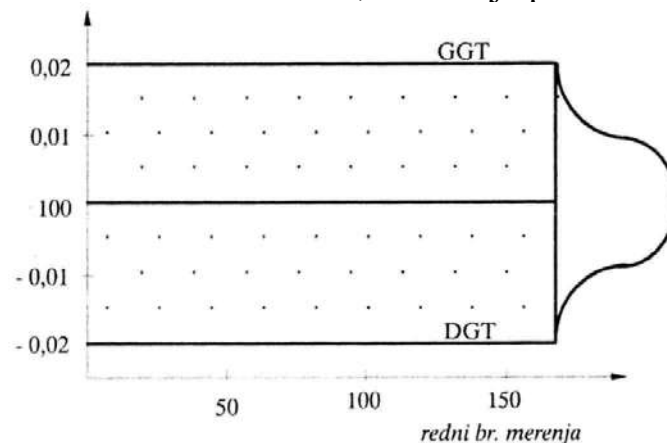
R-karta (R - raspon),

S ili  $\sigma$ -karta ( $\sigma$  - standardna devijacija).

Za slučaj atributivnog definisanja kvaliteta, najčešće se koriste p-karte (gde je p broj loših komada proizvoda).

Kada je kvalitet numerički definisan to je obično učinjeno tako što je definisana: nominalna dimenzija i dozvoljena tolerancija. Npr.  $100 \pm 0.02$  mm. Time je unapred prihvaćeno da stvarne dimenzije proizvoda mogu odstupati od nominalne dimenzije u definisanim granicama, i da su pri tom kvalitetne. U navedenom slučaju, ukoliko je dimenzija proizvoda u granicama  $99.98 \div 100.02$  mm, proizvod je i dalje na očekivanom nivou kvaliteta.

Za konstrukciju kontrolnih karata od suštinskog značaja je da se proces ponaša u skladu sa normalnom – Gausovom raspodelom, odnosno da je zakon raspodele konkretnih izmerenih vrednosti normalan, kao što je prikazano na slici 3.2.

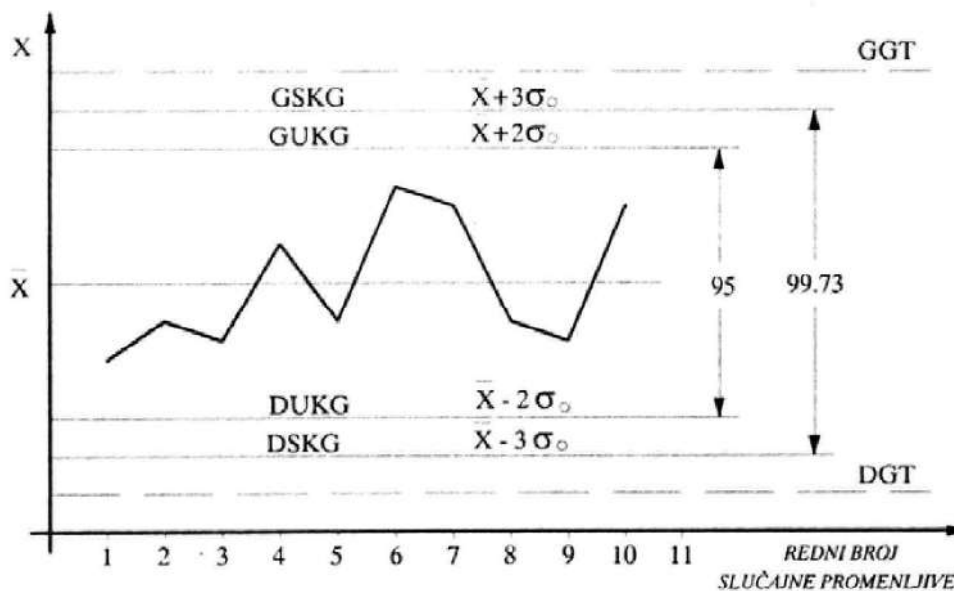


Slika 3.2. Normalna raspodela izmerenih vrednost u procesu

Prema tome, suština metoda statističke kontrole kvaliteta u toku proizvodnje, kao i finalnih proizvoda, svodi se na sistematsko praćenje i proveravanje kvaliteta proizvodnje s obzirom na predviđene tolerancije, odnosno zahteve u pogledu kvaliteta.

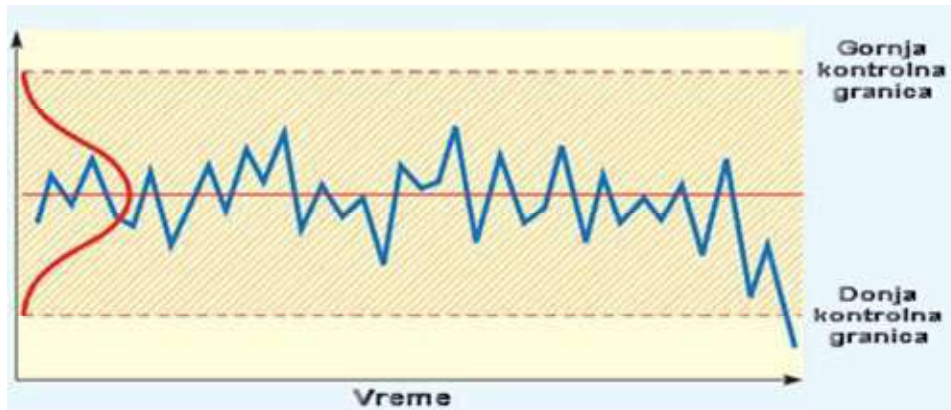
Blagovremeno uočavanje odstupanja omogućava preduzimanje odgovarajućih tehničkih mera za normalizaciju proizvodnih procesa. Prilikom konstruisanja kontrolnih granica, na kontrolnim kartama, zajedničko im je određivanje:

- srednje vrednosti (prosečna vrednost osnovnog skupa ili nominalna vrednost),
  - gornje i donje unutrašnje kontrolne granice  $\pm 2\sigma$  (95% verovatnoće da će se vrednosti naći u ovim granicama) - GUKG i DUKG,
  - gornje i donje spoljne kontrolne granice  $\pm 3\sigma$  (99.73% verovatnoće da će se vrednosti promenljive naći u ovim granicama) GSKG i DSKG.
- Primer kontrolne X karte, sa definisanom srednjom vrednošću, gornjom i donjom unutrašnjom i spoljnom kontrolnom granicom, dat je na slici 3.3.



Slika 3.3. Primer kontrolne X-karte

Nakon konstrukcije kontrolne karte bilo koje vrste, tokom realizacije proizvodnog procesa, periodično se uzimaju uzorci proizvoda koji se mere i podvrgavaju kontroli. Ukoliko se uzorci prema svojim performansama i karakteristikama nalaze unutar kontrolnih granica, tada je proces na definisanom nivou kvaliteta. Ukoliko počne odstupanje van gornje i donje unutrašnje kontrolne granice, znači da treba obratiti više pažnje na proces. Ukoliko se proces spontano vrati unutar unutrašnjih kontrolnih granica, nema potreba preduzimati bilo kakve mere. Međutim, ukoliko proces nastavi da se nalazi van okvira unutrašnjih kontrolnih granica ili, u najgorem slučaju izađe i van okvira spoljnih kontrolnih granica, to je signal da se proces proizvodnje treba zaustaviti i potražiti razloge odstupanja kvaliteta. Samo kretanje procesa u okviru i van kontrolnih granica, na kontrolnoj karti, predstavljeno je na slici 3.4.



Slika 3.4. Primer praćenja procesa u okviru definisanih granica kontrolne karte

### 3.3. Šta je 6 sigma ?

Izraz "šest sigma" (izveden iz kontrolnog opsega  $\pm 3\sigma$ ) se odnosi na statističku meru koliko proces odstupa od savršenstva. Proces koji radi na šest sigma nivou ima stopu neuspeha od samo 0,00034%, što znači da praktično ne proizvodi defekte. "Six Sigma" je razvila Motorola 1980-ih, a od tada su je usvojile mnoge druge kompanije širom sveta, uključujući General Electric, Tojotu i Amazon. Koristi se u industrijama kao što su proizvodnja, zdravstvo, finansije i uslužne industrije za poboljšanje zadovoljstva kupaca, smanjenje troškova i povećanje profita.

Kada je Motorola 1980-ih postavila svoj cilj kvaliteta kao „potpuno zadovoljstvo kupaca“, počela je da istražuje šta bi slogan značio za njene operativne procese. Odlučili su da će istinsko zadovoljstvo kupaca biti postignuto samo kada su njihovi proizvodi isporučeni kada su obećani, bez nedostataka, bez kvarova u ranim stadijumima životnog ciklusa. Da bi to postigla, Motorola se u početku fokusirala na uklanjanje grešaka u proizvodnji. Međutim, ubrzo je postalo jasno da su mnogi problemi uzrokovani latentnim nedostacima, skrivenim u dizajnu njihovih proizvoda. Oni se možda neće pojaviti u početku, ali na kraju mogu izazvati neuspeh na terenu. Jedini način da se eliminišu ovi nedostaci bio je da se osigura da su specifikacije dizajna čvrste (tj. uske tolerancije) i da su njegovi procesi veoma sposobni.

Motorolin koncept kvaliteta Six Sigma je tako nazvan jer je zahtevao da prirodna varijacija procesa ( $\pm 3$  standardnih devijacija) bude polovina njihovog opsega specifikacija. Drugim rečima, opseg specifikacije bilo kog dela proizvoda ili usluge treba da bude  $\pm 6$  standardnih devijacija procesa. Grčko slovo sigma ( $\sigma$ ) se često koristi za označavanje standardne devijacije procesa, pa otuda oznaka Six Sigma.

Mera defekta na milion se koristi u okviru pristupa Six Sigma da bi se naglasila težnja ka praktično nultom cilju defekata. Odnosno, kod ovog Sistema, dozvoljeno je 3.4 defekata na million proizvoda. Sada se definicija Six Sigma proširila i daleko izvan ove prilično uske statističke perspektive. General Electric (GE), koji je verovatno bio najpoznatiji od ranih pristalica koji je usvojio Six Sigma, definisao ga je kao „disciplinovanu metodologiju definisanja, merenja, analize, poboljšanja i kontrole kvaliteta u svakom od proizvoda, procesa kompanije, i transakcije – sa krajnjim ciljem da se praktično eliminišu svi nedostaci.“ Dakle, sada Six Sigma treba posmatrati kao širok koncept poboljšanja, a ne kao jednostavno ispitivanje varijacije procesa, iako je ovo još uvek važan deo kontrole procesa, učenja i poboljšanje.

“Six Sigma” je skup metodologija i alata koji se koriste za poboljšanje poslovnih procesa smanjenjem nedostataka i grešaka, minimiziranjem varijacija i povećanjem kvaliteta i efikasnosti. Cilj “Six Sigma” je da postigne nivo kvaliteta koji je skoro savršen, sa samo 3,4 defekta na milion ishoda procesa. Ovo se postiže korišćenjem strukturiranog pristupa zvanog DMAIC (definisanje, merenje, analiza, poboljšanje, kontrola) da se identifikuju i eliminišu uzroci varijacija i poboljšaju procesi.

“Six Sigma” je disciplinovan pristup zasnovan na podacima koji se široko koristi i u upravljanju projektima kako bi se postiglo poboljšanje procesa i minimizirali defekti. On pruža sistematski okvir za identifikaciju i eliminisanje varijacija koje mogu uticati na performanse projekta.

Etimologija se zasniva na grčkom simbolu "sigma" ili " $\sigma$ ", statističkom terminu za merenje odstupanja procesa od srednje vrednosti ili cilja procesa. „Šest sigma“ dolazi od zvonaste krive normalne raspodele koja se koristi u statistici, gde jedna sigma simbolizuje jedno standardno odstupanje od srednje vrednosti. Ako proces ima šest sigma, tri iznad i tri ispod srednje vrednosti, stopa defekta se klasifikuje kao „ekstremno niska“.

Pristup Six Sigma koristi niz povezanih mera za procenu performansi operativnih procesa.

- **Defekt** je neuspeh u ispunjavanju zahtevanih performansi korisnika (definisanje merila performansi iz perspektive korisnika je važan deo pristupa Six Sigma).
- **Defektna jedinica ili stavka** je svaka jedinica proizvodnje koja sadrži defekt (tj. samo jedinice izlaza bez nedostataka nisu neispravne; defektne jedinice će imati jedan ili više nedostataka).
- **Defektna prilika** je broj različitih načina na koje jedinica proizvodnje može da ne uspe da zadovolji zahteve kupaca (jednostavni proizvodi ili usluge će imati malo mogućnosti za nedostatak, ali veoma složeni proizvodi ili usluge mogu imati stotine

različitih načina da budu neispravni).

- **Proporcija defektnih proizvoda** je procenat ili deo jedinica koje imaju jedan ili više nedostataka.
- **Prinos procesa** je procenat ili deo ukupnih jedinica proizvedenih procesom koje su bez defekta (tj. 1 - **Proporcija defektnih proizvoda**).
- **Defekt po jedinici (DPU)** je prosečan broj defekata na jedinici proizvodnje (broj nedostataka podeljeni brojem proizvedenih artikala).
- **Defekti po mogućnosti** su proporcija ili procenat nedostataka podeljen ukupnim brojem, t.j. broj **Defektnih prilika** (broj nedostataka podeljen sa (brojem proizvedenih stavki x broj mogućnosti po stavci)).
- **Defekti na milion prilika (DPMO)** je upravo ono što piše, broj nedostataka koje će proces proizvesti kada bi za to bilo milion mogućnosti.
- **Sigma merenje** predstavlja broj standardnih devijacija varijabilnosti procesa koje će se uklopiti u granice specifikacije korisnika.

**Primer:** Osiguravajuća kompanija proverava detalje koje su njeni operateri uneli u formulare zahteva korisnika za isplatom osiguranja i nakon toga sprovodi procedure isplate korisnika. Uzeli su uzorak 300 slučajnih formulara zahteva korisnika, na kraju procesa obrade zahteva, i ustanovili su da u uzorku 51 zahteva imaju jedan ili više defekata a da je ukupni broj defekata bio 74. Ustanovili su 4 vrste grešaka, koje su zahteve činili defektnim: greške u unosu kodova, greške u tumačenju uslova polise osiguranja, greške u proceni odgovornosti osiguravajuće kompanije I greške u obaveštavanju korisnika.

Prema tome, dobijeni su sledeći pokazatelji procesa:

**Proporcija defektnih proizvoda** = Broj defekata/Broj obrađenih jedinica = 51/300 = 0.17 (17% defektnih proizvoda)

**Prinos procesa** = 1 - **Proporcija defektnih proizvoda** = 1 - 0.17 = 0.82 (83% prinosa)

**Defekt po jedinici (DPU)** = Broj defekata / Broj obrađenih jedinica = 74/300 = 0.247 (24.7 %) DPU

**Defekti po mogućnosti** = Broj defekata / (Broj jedinica x Broj mogućnosti) = 74 / (300 \* 4) = 0.062 DPO

Prema tome, koncept Six Sigma ima jednostavan cilj - isporuku gotovo savršene robe i usluga za transformaciju poslovanja radi optimalnog zadovoljstva kupaca. Six Sigma ima svoje temelje u pet ključnih principa:

### **Fokusirajte se na kupca**

Ovo se zasniva na popularnom verovanju da je „mušterija kralj“. Primarni cilj je doneti maksimalnu korist kupcu. Za ovo, preduzeće treba da razume svoje klijente, njihove potrebe i šta pokreće prodaju ili lojalnost. Ovo zahteva uspostavljanje standarda kvaliteta definisanog prema zahtevima kupaca ili tržišta.

### **Izmeriti tok vrednosti i pronaći problem**

Potrebno je mapirati korake u datom procesu da bi se odredila područja generisanja gubitaka. U te svrhe je neophodno prikupiti podatke da bi se otkrili konkretni problemi kojima se treba pozabaviti ili transformisati. Imati jasno definisane ciljeve za prikupljanje podataka, uključujući definisanje podataka koji se prikupljaju, razloga za prikupljanje podataka, očekivane uvide, obezbeđivanje tačnosti merenja i uspostavljanje standardizovanog sistema prikupljanja podataka.

### **Otarasiti se gubitaka**

Kada se problem identifikuje, izvršiti izmene u procesu da bi se eliminisale varijacije i tako otklonili nedostaci. Ukloniti aktivnosti u procesu koje ne doprinose vrednosti kupca. Ako tok vrednosti ne otkrije gde leži problem, koriste se alati koji pomažu u otkrivanju odstupanja i problematičnih oblasti. Pojednostaviti funkcije da bi se postigla kontrola kvaliteta i efikasnost. Na kraju, uklanjanjem gore pomenutih gubitaka, otklanjaju se uska grla u procesu.

### **Nastaviti sa optimizacijom**

Uključiti sve zainteresovane strane. Usvojiti strukturirani proces u kome tim doprinosi i saraduje sa svojom raznolikom stručnošću u rešavanju problema.

Six Sigma procesi mogu imati veliki uticaj na organizaciju, tako da tim mora biti vešt u principima i metodologijama koje se koriste. Stoga su potrebna specijalizovana obuka i znanje kako bi se smanjio rizik od neuspeha projekta ili redizajniranja i osiguralo da se proces odvija optimalno.

## **Obezbediti fleksibilan i prilagodljiv ekosistem**

Sušтина Six Sigma je poslovna transformacija i promena. Kada se ukloni neispravan ili neefikasan proces, to zahteva promenu radne prakse i pristupa zaposlenih. Snažna kultura fleksibilnosti i odziva na promene u procedurama može da obezbedi pojednostavljenu implementaciju projekta. Ljudi i odeljenja koji su uključeni trebalo bi da budu u stanju da se sa lakoćom prilagode promenama, tako da bi se ovo olakšalo, procesi treba da budu dizajnirani za brzo i neprimetno usvajanje. Na kraju krajeva, kompanija koja je fokusirana na podatke periodično ispituje krajnji rezultat i prilagođava svoje procese tamo gde je to potrebno, i time može steći konkurentsku prednost.

### **3.3.1. Metodologija 6 sigma**

Dve glavne Six Sigma metodologije su DMAIC i DMADV. Svaka od njih ima svoj skup preporučenih procedura koje treba primeniti za transformaciju poslovanja.

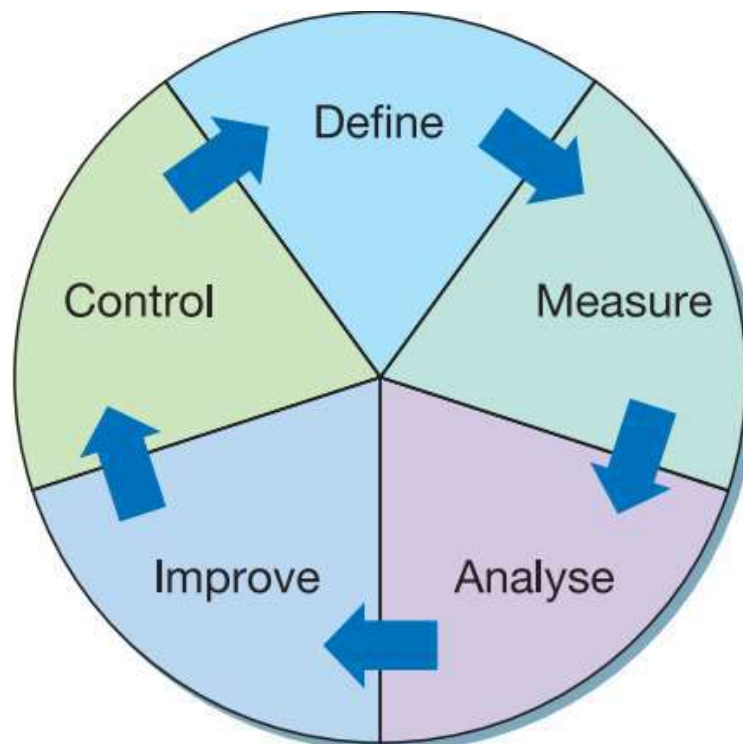
DMAIC je metoda zasnovana na podacima koja se koristi za poboljšanje postojećih proizvoda ili usluga radi boljeg zadovoljstva kupaca. To je akronim za pet faza: D – Definirati, M – Meriti, A – Analizirati, I – Improve (unaprediti), C – Control (kontrolisati). DMAIC se primenjuje u proizvodnji proizvoda ili pružanju usluge.

DMADV je deo procesa dizajna za šest sigma (DFSS) koji se koristi za projektovanje ili redizajn različitih procesa proizvodnje proizvoda ili pružanja usluga. Pet faza DMADV-a su: D – Definisavanje, M – Merenje, A – Analiza, D – Dizajn, V – Potvrda. DMADV se koristi kada postojeći procesi ne ispunjavaju uslove korisnika, čak ni nakon optimizacije, ili kada je potrebno razviti nove metode. Izvode ga Six Sigma Green Belts i Six Sigma Black Belts i pod nadzorom Six Sigma Master Black Belts. Kasnije će biti više reči o ovim terminima – koji vode analogiju sa borilačkim veštinama i nazivima pojaseva.

DMADV metodologija nije predmet ovog kursa, zato će u daljem tekstu biti više reči o DMAIC metodi, koja se sastoji od pet faza, pri čemu svaka od navedenih faza ima po nekoliko koraka, koji će biti detaljno opisani.

DMAIC ciklus počinje sa (D), definisanjem jednog ili više problema, delimično da bi se razumeo obim onoga što treba da se uradi, a delimično da bi se tačno definisali zahtevi za poboljšanje procesa. Često se u ovoj fazi postavlja formalni cilj ili cilj za

poboljšanje. Nakon definicije dolazi (M), faza merenja. Ova faza uključuje validaciju problema kako bi se uverilo da je to zaista problem vredan rešavanja, korišćenje podataka za preciziranje problema i merenje tačno šta se dešava. Kada su ova merenja uspostavljena, mogu se (A) analizirati. Faza analize se ponekad posmatra kao prilika da se razviju hipoteze o tome šta su zaista osnovni uzroci problema. Takve hipoteze su potvrđene (ili ne) analizom i identifikovanim glavnim uzrocima problema. Kada se identifikuju uzroci problema, može se započeti rad na (I), poboljšavanju procesa. Razvijaju se ideje da se uklone osnovni uzroci problema, rešenja se testiraju i ona rešenja koja funkcionišu se implementiraju, formalizuju i mere se rezultati. Unaprijeđeni proces tada treba kontinuirano pratiti odnosno (C), kontrolisati, kako bi se proverilo da li se poboljšani nivo performansi održava. Nakon ove tačke ciklus počinje ponovo i definiše probleme koji sprečavaju dalje poboljšanje. Zapamtite, ipak, poslednja tačka u vezi sa ovim ciklusom je najvažnija – ciklus počinje ponovo. Samo prihvatanjem da u filozofiji kontinuiranog poboljšanja ciklusi unapređenja bukvalno nikada ne prestaju, poboljšanje postaje deo posla svake osobe.



Slika 3.5 DMAIC ciklus unapređenja



Pri tome, za svaku od faza DMAIC ciklusa, mogu se izdvojiti određeni koraci, koji su se u praktičnoj praksi izdvojili kao značajni:

### 1. DEFINISATI

Proces Six Sigma počinje pristupom usredsređenim na kupca.

Korak 1: Poslovni problem je definisan iz perspektive korisnika.

Korak 2: Postavljanje ciljeva. Šta želite da postignete? Koje resurse ćete koristiti za postizanje ciljeva?

Korak 3: Mapiranje procesa. Proverite sa zainteresovanim stranama da ste na pravom putu.

### 2. MERITI

Druga faza je fokusirana na metriku projekta i alate koji se koriste u merenju. Kako možete poboljšati merenje? Kako to možete kvantifikovati?

Korak 1: Procenite meri sistem koji će se koristiti. Može li vam pomoći da postignete svoj rezultat?

Korak 2: Izmerite svoj problem u brojevima ili pomoću pratećih podataka (definisati metriku, odnosno KPI koji će se meriti).

Korak 3: Definišite meru unapređenja.

### 3. ANALIZIRATI

Treća faza analizira proces da bi se otkrile varijable koje su od uticaja.

Korak 1: Utvrdite da li je vaš proces efikasan i efektan. Da li proces pomaže u postizanju onoga što vam je potrebno?

Korak 2: Kvantifikujte svoje ciljeve u brojevima. Na primer, smanjite neispravnu robu za 20%.

Korak 3: Identifikujte varijacije koristeći istorijske podatke.

### 4. IMPROVE (UNAPREDITI)

Ovaj proces istražuje kako promene u inputima ( $X_i$ ) procesa utiču na output ( $Y_i$ ). U ovoj fazi identifikujete kako možete poboljšati implementaciju procesa.

Korak 1: Identifikujte moguće razloge. Testirajte da biste identifikovali koja od „X“ promenljivih identifikovanih u Procesu utiče na „Y“.

Korak 2: Otkrijte odnose između varijabli.

Korak 3: Uspostavite toleranciju procesa, definisanu kao precizne vrednosti koje određene varijable mogu imati, a ipak spadaju u prihvatljive granice, na primer,

kvalitet bilo kog proizvoda. Koje granice treba postaviti za varijablu X da bi držale Y unutar specifikacija? Koji uslovi rada mogu uticati na ishod?

## 5. KONTROLA

U ovoj završnoj fazi utvrđujete da je cilj učinka identifikovan u prethodnoj fazi dobro sproveden i da su osmišljena poboljšanja održiva.

Korak 1: Potvrdite sistem merenja koji će se koristiti.

Korak 2: Uspostavite sposobnost procesa. Da li je cilj ispunjen? Na primer, da li će se postići cilj smanjenja neispravne robe za 20 odsto?

Korak 3: Kada je prethodni korak zadovoljen, implementirajte proces.

### Vežbe – kontrolna karta u QM koristeći opciju 6 sigma

#### VEŽBE:

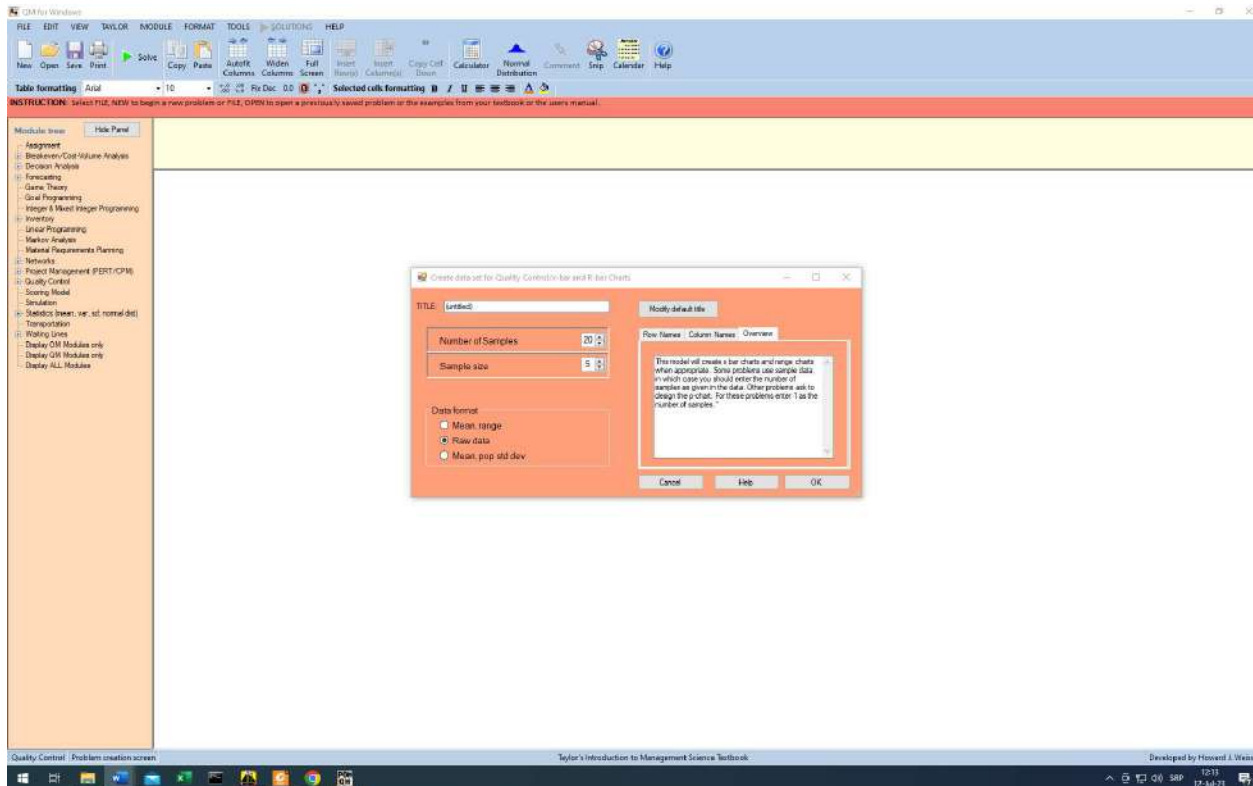
**Primer 1.** Treba vršiti kontrolu prečnika proizvoda. Izvršeno je  $k = 20$  prethodnih proba, a svaka je obima  $n = 5$  i dobijeni su sledeći podaci:

Proba (i)	Podaci (x)				
1	10	3	5	14	10
2	2	14	8	13	11
3	12	12	13	8	10
4	12	14	7	11	9
5	10	11	9	15	7
6	11	12	11	14	12
7	15	11	14	8	3
8	12	14	12	11	11
9	11	7	11	13	9
10	14	10	9	12	8
11	9	11	14	10	13
12	13	13	6	4	13
13	5	8	3	3	4
14	8	5	6	9	13
15	8	4	9	5	8
16	4	12	10	6	10
17	10	6	13	10	5
18	7	9	12	1	7
19	4	7	6	7	12
20	10	10	6	9	3

Kao alat za merenje kvaliteta proizvoda prikazati kontrolnu  $\bar{X}/R$  kartu. Kontrolnu kartu konstruisato koristeći softver QM for Windows.

Rešenje: Pokrenuti softver QM for Windows i u okviru njega Modul – Quality Control. U ovom modulu izabrati opciju x-bar and R-bar Charts

Kada se otvori sledeći izgled prozora, odabrati opciju Raw data (pošto unosimo sirove podatke dobijene merenjem uzorka). Potom kao broj uzoraka unosimo 20 a kao veličinu uzorka 5. Kliknuti na OK



Dobiće se ekran sledećeg izgleda:

QM for Windows - [Data]

FILE EDIT VIEW TAYLOR MODULE FORMAT TOOLS SOLUTIONS HELP

Table Formatting Arial 10 File Dec 0.0 Selected cells formatting

Method Population standard deviation Spread

Method:  $\mu$  sigma (99.73%) Population standard deviation: 0.00 Spread:  Range  Standard Deviation

Sample Number	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5
Sample 1	0	0	0	0	0
Sample 2	0	0	0	0	0
Sample 3	0	0	0	0	0
Sample 4	0	0	0	0	0
Sample 5	0	0	0	0	0
Sample 6	0	0	0	0	0
Sample 7	0	0	0	0	0
Sample 8	0	0	0	0	0
Sample 9	0	0	0	0	0
Sample 10	0	0	0	0	0
Sample 11	0	0	0	0	0
Sample 12	0	0	0	0	0
Sample 13	0	0	0	0	0
Sample 14	0	0	0	0	0
Sample 15	0	0	0	0	0
Sample 16	0	0	0	0	0
Sample 17	0	0	0	0	0
Sample 18	0	0	0	0	0
Sample 19	0	0	0	0	0
Sample 20	0	0	0	0	0

Quality Control - bar and P-bar Charts Data Screen

Taylor's Introduction to Management Science Testbook

Developed by Howard J. Weiss

12/1 12-Jul-23

U tabelu je sada moguće uneti ili iskopirati podatke iz polazne table. Nakon unosa podataka, tabela ima sledeći izgled:

QM for Windows - [Data]

FILE EDIT VIEW TAYLOR MODULE FORMAT TOOLS SOLUTIONS HELP

Table Formatting Arial 10 File Dec 0.0 Selected cells formatting

Method Population standard deviation Spread

Method:  $\mu$  sigma (99.73%) Population standard deviation: 0.00 Spread:  Range  Standard Deviation

Sample Number	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5
Sample 1	10	3	5	14	10
Sample 2	2	14	8	13	11
Sample 3	12	12	13	8	10
Sample 4	12	14	7	11	9
Sample 5	10	11	9	15	7
Sample 6	11	12	11	14	12
Sample 7	15	11	14	8	3
Sample 8	12	14	12	11	11
Sample 9	11	7	11	13	9
Sample 10	14	10	9	12	8
Sample 11	9	11	14	10	13
Sample 12	13	13	6	4	13
Sample 13	5	8	3	3	4
Sample 14	8	5	6	9	13
Sample 15	8	4	9	5	8
Sample 16	4	12	10	6	10
Sample 17	10	6	13	10	5
Sample 18	7	9	12	1	7
Sample 19	4	7	6	7	12
Sample 20	10	10	6	9	3

Quality Control - bar and P-bar Charts Data Screen

Taylor's Introduction to Management Science Testbook

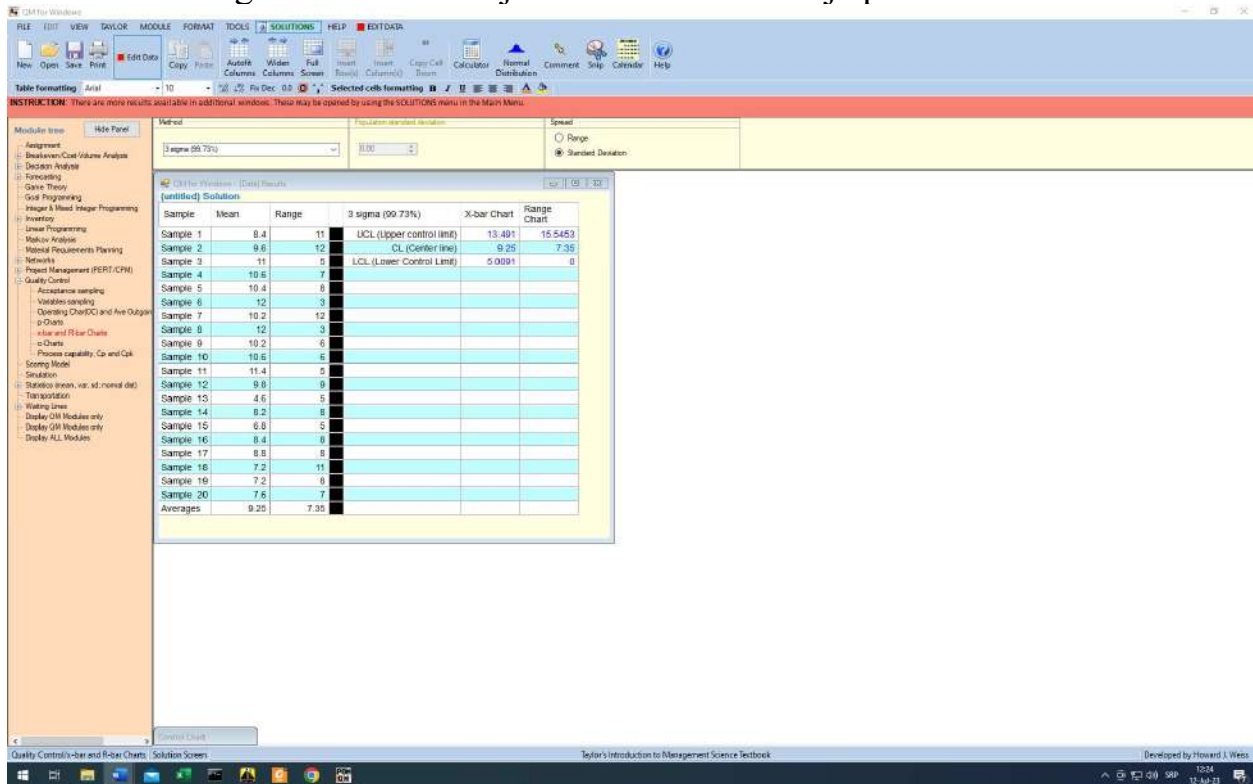
Developed by Howard J. Weiss

12/1 12-Jul-23

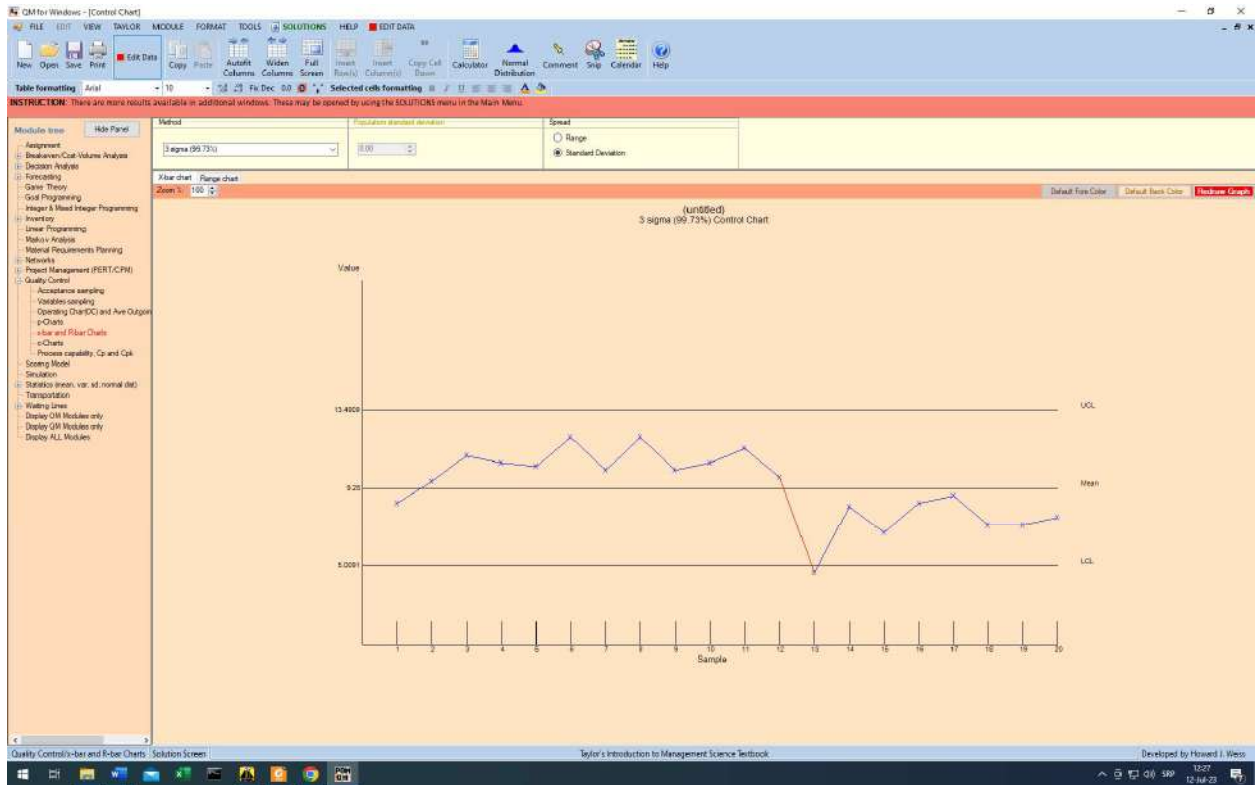
Kao metod, već stoji 3 sigma (u padajućem meniju), svakako, moguće je odabrati sa padajućeg menija i ostale metode.

Kako bi se dobila X-R kontrolna karta, potrebno je kliknuti na komandu Solve.

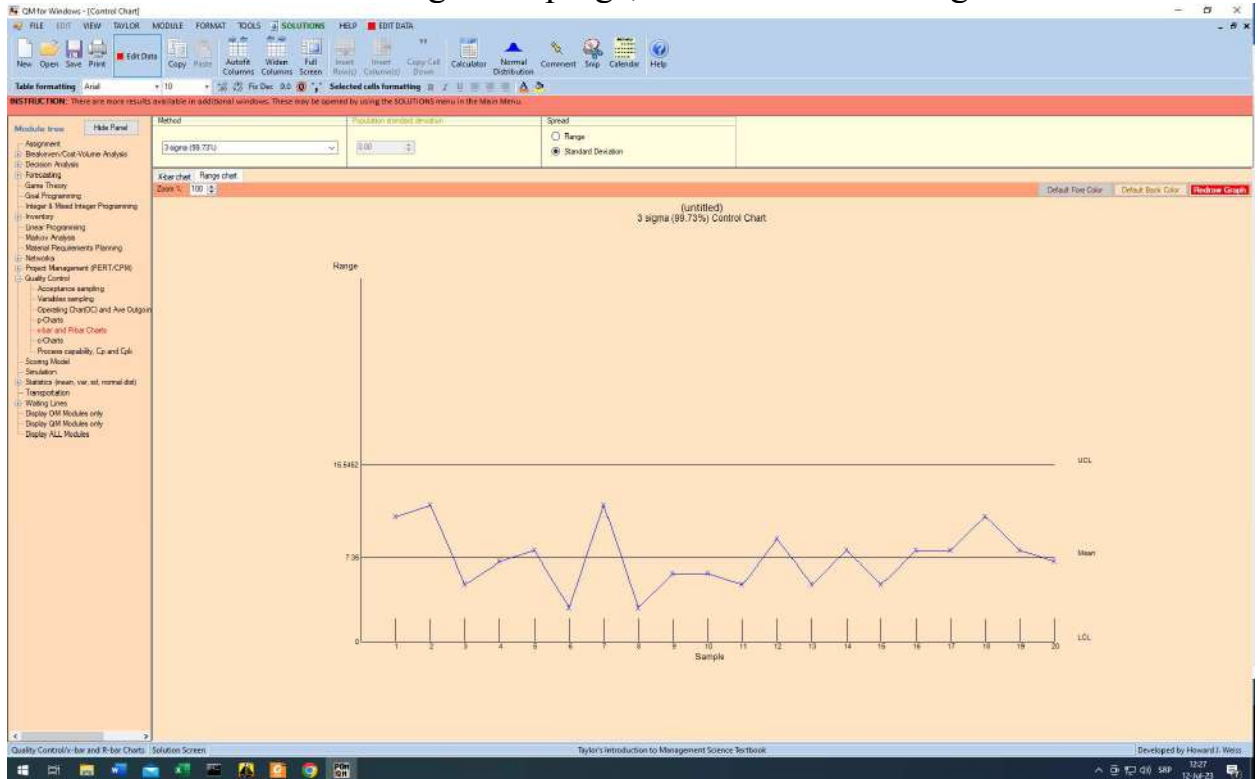
Na sledećem izgledu ekrana dobija se numeričko rešenje primera:



Izgled grafičkog prikaza X – karte se može videti na tabu Control Chart:



Ukoliko želimo da vidimo i grafik opsega, tada biramo tab Range chart:

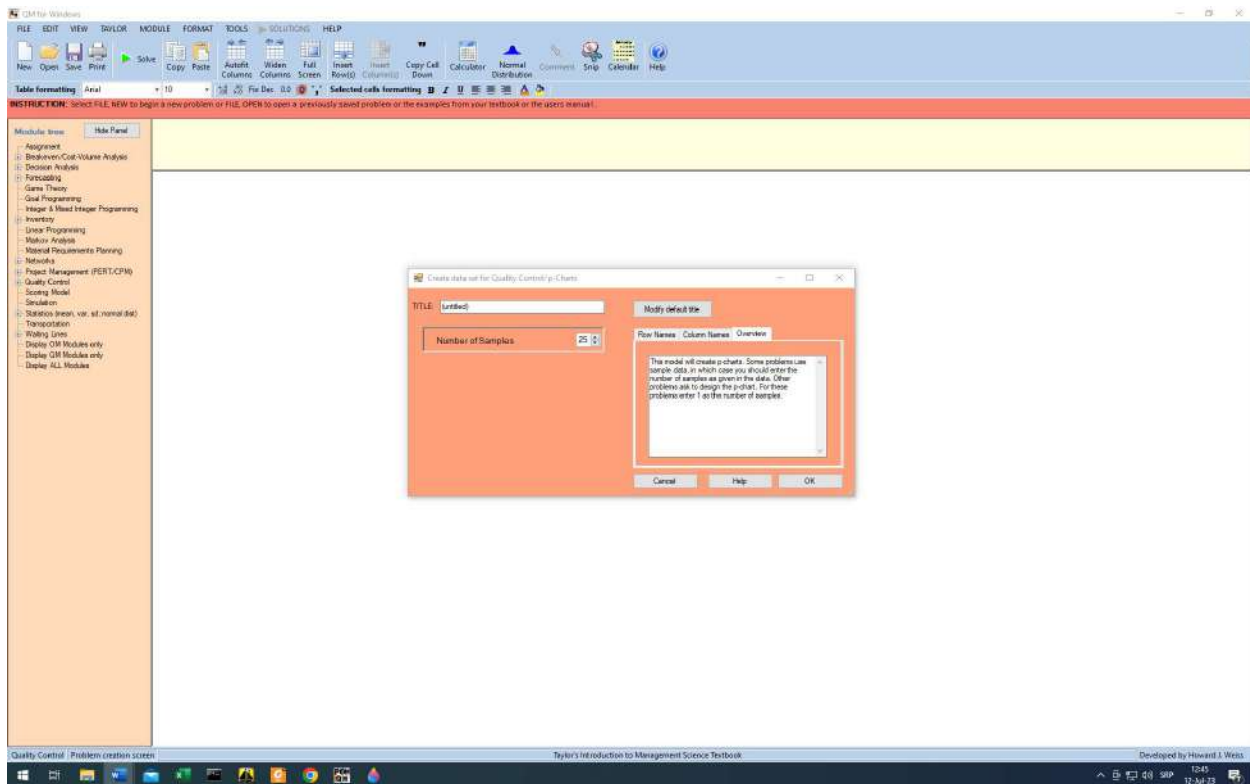


**Primer 2:** Potrebno je formirati «p» karticu za kontrolu proizvoda jednog automatskog aparata. U cilju prethodne analize i dobijanja kontrolnih granica u toku mesec dana (broj serija  $k = 25$ ), izvršeno je brojanje škartu dnevne proizvodnje. Pogon posluje po MRP principu i planirano je da se svakog dana proizvede serija od 10.000 komada proizvoda. Od toga, kao uzorak se uzima 1000 komada proizvoda. Podaci o broju dnevno uočenog škartu dati su u sledećoj tabeli:

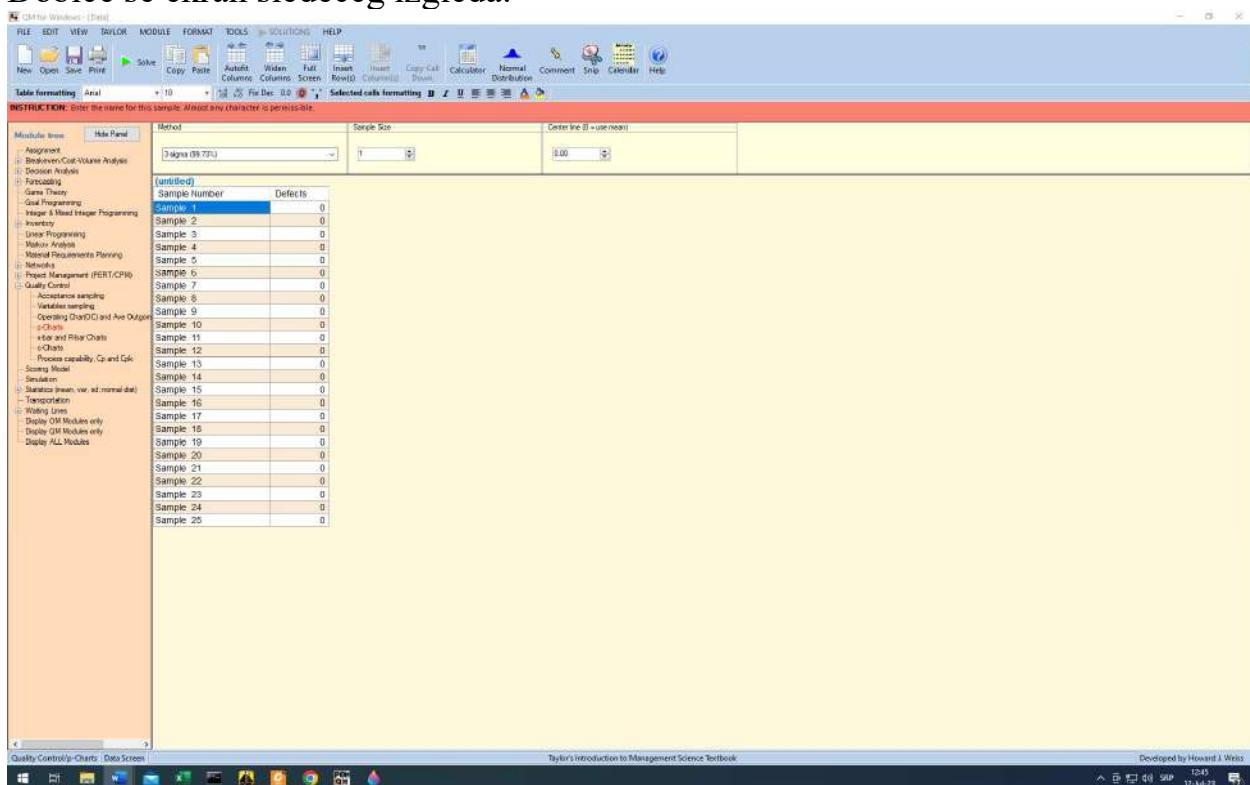
Proba i	Broj loših komada $s_{ni}$
1	5
2	7
3	5
4	3
5	8
6	9
7	7
8	6
9	5
10	6
11	9
12	8
13	4
14	4
15	3
16	4
17	3
18	4
19	4
20	3
21	5
22	10
23	9
24	6
25	5

Rešenje: U softveru QM for Windows, pokrene se modul Quality Control i u okviru njega se odabere opcija p-charts.

Na ekranu koji se pojavi, potrebno je odabrati 25 uzoraka (proba) i kliknuti OK.



Dobiće se ekran sledećeg izgleda:



Na ovom ekranu je potrebno kao sample size uneti 1000 komada, potom u samu



tabelu kopirati podatke iz polazne tabele primera:

Method: 3 sigma (99.73%)    Sample Size: 1000    Center line (μ = case mean): 0.00

Sample Number	Defects
Sample 1	5
Sample 2	7
Sample 3	5
Sample 4	3
Sample 5	8
Sample 6	9
Sample 7	7
Sample 8	6
Sample 9	5
Sample 10	6
Sample 11	9
Sample 12	6
Sample 13	4
Sample 14	4
Sample 15	3
Sample 16	4
Sample 17	3
Sample 18	4
Sample 19	4
Sample 20	3
Sample 21	5
Sample 22	10
Sample 23	9
Sample 24	6
Sample 25	5

Nakon toga, klikne se na taster Solve i dobija se sledeće rešenje primera:

Method: 3 sigma (99.73%)    Sample Size: 1000    Center line (μ = case mean): 0.00

Sample	Number of Defects	Fraction Defective	3 sigma (99.73%)
Sample 1	5	.005	
Sample 2	7	.007	
Sample 3	5	.005	
Sample 4	3	.003	
Sample 5	8	.008	
Sample 6	9	.009	
Sample 7	7	.007	
Sample 8	6	.006	
Sample 9	5	.005	
Sample 10	6	.006	
Sample 11	9	.009	
Sample 12	6	.006	
Sample 13	4	.004	
Sample 14	4	.004	
Sample 15	3	.003	
Sample 16	4	.004	
Sample 17	3	.003	
Sample 18	4	.004	
Sample 19	4	.004	
Sample 20	3	.003	
Sample 21	5	.005	
Sample 22	10	.010	
Sample 23	9	.009	
Sample 24	6	.006	
Sample 25	5	.005	

Summary Statistics:

- Total Defects: 142
- Total units sampled: 25000
- Defect rate (p-bar): .0057
- std dev of proportions: .0024
- UCL (Upper Control Limit): .0128
- CL (Center Line): .0057
- LCL (Lower Control Limit): 0

# Izgled p karte kvaliteta je:

