

# Primjena metodologije Šest sigma u upravljanju voznim parkom

---

Tuđen, Vedran

Master's thesis / Diplomski rad

2016

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:296507>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-03**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -  
Institutional Repository](#)



**SVEUČLIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Vedran Tuđen**

**PRIMJENA METODOLOGIJE ŠEST SIGMA U**  
**UPRAVLJANJU VOZNIH PARKOM**

**DIPLOMSKI RAD**

**Zagreb, 2016.**

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

**DIPLOMSKI RAD**

**PRIMJENA METODOLOGIJE ŠEST SIGMA U  
UPRAVLJANJU VOZIM PARKOM**

**APPLYING SIX SIGMA METHODOLOGY IN FLEET  
MANAGEMENT**

Mentor : doc. dr. sc. Ratko Stanković

Student: Vedran Tuđen, 0135211097

Zagreb, 2016.

Zagreb, 19. travnja 2016.

Zavod: **Zavod za transportnu logistiku**  
Predmet: **Prijevozna logistika II**

## DIPLOMSKI ZADATAK br. 3497

Pristupnik: **Vedran Tuđen (0135211097)**  
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**  
Smjer: **Logistika**

Zadatak: **Primjena metodologije Šest sigma u upravljanju voznim parkom**

Opis zadatka:

Opisati i objasniti pokazatelje iskorištenja voznog parka, analizirati karakteristike i načini upravljanja voznim parkom, općenito i na praktičnom primjeru. Objasniti metodologiju Šest sigma, tj. sustav za upravljanje kvalitetom, s mogućnostima primjene u upravljanju voznim parkom. Prikupiti i obraditi podatke o voznom parku određenog proizvodnog poduzeća, te provesti analizu prema metodologiji Šest sigma, kako bi se utvrdila postignuta kvaliteta upravljanja voznim parkom. Temeljem dobivenih rezultata, formulirati prijedlog unaprijeđenja, čijom bi se primjenom optimiralo iskorištenje voznog parka, odnosno racionalizirali troškovi.

Zadatak uručen pristupniku: 4. ožujka 2016.

Mentor:



doc. dr. sc. Ratko Stanković

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

---

## Sažetak

Jedan od glavnih ciljeva upravljanja voznim parkom je optimalno iskorištenje prijevoznih kapaciteta. Na upravljanje voznim parkom utječu sljedeći čimbenici: potražnja za transportnim uslugama, upravljanje radom vozila i upravljanje radnim vremenima mobilnih radnika. Također je važno i održavanje vozila. Šest sigma je unapređenje poslovanja zasnovano na pronalaženju i eliminiranju grešaka i uzroka pojave grešaka ili defekata u poslovanju. Mogućnost primjene metodologije šest sigma u upravljanju voznim parkom prikazana je u okviru analize iskorištenja prijevoznih kapaciteta, na praktičnom primjeru proizvodnog poduzeća iz prehrambene industrije.

Ključne riječi: Vozni park, upravljanje, šest sigma, iskorištenje prijevoznih kapaciteta

## Summar

In fleet management it is necessary to optimize capacities. Influence on the fleet management has the following factors: demand for transport services, management of vehicles working operations and working hours of drivers and also important is maintenance of vehicles. Six sigma is improvement of business based on finding and eliminating mistakes and causes of mistakes. Possibilities of Six sigma in fleet management, specifically on occupancy of transport vehicles will be presented on the practical example of practice.

Key words: Fleet management, management, Six sigma, occupancy of transport vehicles

## Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Upravljanje voznim parkom .....	2
2.1. Sastav voznog parka .....	2
2.2. Čimbenici koji utječu na upravljanje voznim parkom .....	3
2.3. Elementi održavanja i pouzdanosti voznog parka .....	5
3. Ključni pokazatelji iskorištenja voznog parka .....	7
3.1. Pokazatelji vremenske učinkovitosti prijevoznih sredstava .....	7
3.2. Pokazatelji iskorištenja prijeđenog puta .....	8
3.3. Pokazatelji iskorištenja kapaciteta prijevoznih sredstava .....	9
3.4. Pokazatelji brzine kretanja prijevoznih sredstava.....	10
3.5. Primjena informatičke podrške upravljanju voznim parkom.....	10
3.5.1. Primjer informatičkog sustava za upravljanje voznim parkom .....	12
4. Metodologija Šest sigma.....	17
4.1. Prednosti i nedostaci koncepta Šest sigma .....	18
4.2. Razina sigme.....	18
4.3. Metoda poboljšanja DMAIC .....	19
4.4. Metoda poboljšanja DMADV .....	22
4.5. Lean upravljanje .....	22
5. Mogućnosti primjene metodologije Šest sigma u upravljanju voznim parkom .....	24
5.1. Objašnjenje obuhvata analize.....	24
5.2. Analiza popunjenosti vozila za 2014. godinu .....	26
5.3. Analiza popunjenosti vozila za 2015. godinu .....	33
5.4. Analiza popunjenosti vozila za 2016. godinu .....	40
6. Prikaz rezultata primjene Šest sigma metodologije u upravljanju voznim parkom.....	47
7. Zaključak .....	51
Literatura .....	53
Popis slika .....	55
Popis tablica .....	56
Popis grafova .....	57

## 1. Uvod

Troškovi transporta čine 55 do 60% ukupnih troškova distribucije [1]. Iz tog podatka vidljiva je jasna korelacija između ta dva segmenta logistike. Utjecaj ide u oba smjera, ukoliko su pametno, organizirano i planski napravljeni dijelovi distribucije koji prethode transportu tada će i trošak transporta biti manji.

Cilj svakog prijevozničkog poduzeća je da imaju optimalnu distribuciju robe. Da bi se to postiglo potrebno je maksimalno iskoristavati svoje kapacitete. U primjeru kojim će se baviti ovaj rad pokazati će se veoma važnim imati što veću popunjenost transportnog sredstva kako bi se iskoristili kapaciteti te se posljedično smanjili transporti troškovi.

Predmet ovog rada je analiza učinkovitosti i načini upravljanja voznim parkom te primjena metodologije Šest sigma u upravljanju voznim parkom radi unaprijeđena poslovanja kroz pronalaženje i ispravljanje grešaka.

Rad je podijeljen na 8 cjelina: Uvod, upravljanje voznim parkom, ključni pokazatelji iskorištenja voznog parka, metodologija Šest sigma, analiza strukture i kapaciteta voznog parka tvrtke, mogućnosti primjene metodologije Šest sigma u upravljanju voznim parkom tvrtke, prikaz i ocjena prednosti primjene metodologije Šest sigma u upravljanju voznim parkom tvrtke te zaključak.

Svrha ovog rada je prikazati što sve utječe na rad voznog parka te na praktičnom primjeru pokazati kako se metodologijom Šest sigma može analizirati razina iskorištenja transportnih kapaciteta voznog parka, te uz pomoć softverskih alata formulirati elemente poboljšanja čijom bi se primjenom unaprijedilo upravljanje voznim parkom.

## **2. Upravljanje voznim parkom**

Pod pojmom „vozni park“ podrazumijeva se skup svih transportnih sredstava određenog poslovnog subjekta (automobili, autobusi, teretna motorna vozila, tegljači, prikolice i poluprikolice). Vozni park može biti formiran, odnosno ustrojen prema organizacijskim i teritorijalnim potrebama tvrtke.

Kada je riječ o organizacijskim potrebama, može se formirati za pružanje usluga javnog prijevoza, ili kao djelatnost prijevoza za vlastite potrebe.

### **2.1. Sastav voznog parka**

Vozni park sastoji se od motornih vozila i priključnih vozila sa određenim tehničko-eksploatacijskim karakteristikama. Pod tehničko-eksploatacijskim karakteristikama podrazumijevaju se dimenzije vozila, razmak osovina, dinamička svojstva vozila, masa praznog vozila, korisna nosivost vozila, zapremnina teretnog prostora, ekonomičnost i slično. Ukoliko je vozni park sastavljen od vozila iste marke i tipa, onda je to homogeni vozni park sa istim tehničko-eksploatacijskim karakteristikama. Takav slučaj se u praksi rijetko pojavljuje. Vozni park je najčešće heterogene strukture, odnosno sastavljen je od vozila različitih marki i tipova što znači da vozila imaju različite tehničko-eksploatacijske karakteristike. [2]

Sljedeći kriterij koji se odnosi na sastav voznog parka tiče se veličine, odnosno broja transportnih jedinica kojima poduzeće raspolaže, pa tako postoji [3]:

- mali vozni park - do 20 vozila,
- srednji - 20 - 99 vozila,
- veliki 100 – 499 vozila,
- veoma veliki vozni park - preko 500 vozila.



## **2.2. Čimbenici koji utječu na upravljanje voznim parkom**

U poslovnim procesima tvrtki koje se bave transportom kao primarnom djelatnošću, pojavljuje se niz podataka koje je potrebno prikupiti a zatim obraditi kako bi bilo moguće donošenje poslovnih odluka.

Prijevozni procesi sve su složeniji što za posljedicu ima znatno složeniji proces donošenja odluka i stoga je nužna kvalitetna obrada prikupljenih podataka.

Istraživanjem

transportnih procesa spoznalo se da najveći problem nastaje u fazi prikupljanja informacija sa prijevoznog sredstva kao temeljnog izvora podataka, naročito ako se podaci temelje na putnom radnom listu iz kojeg nije moguć detaljan uvid u sve aktivnosti. Pojavom informacijskih sustava taj problem je znatno umanjen.

Kao osnovni elementi koji utječu na upravljanje voznim parkom mogu se izdvojiti:

- poznavanje potražnje za transportnim uslugama na temelju kojeg je moguće planiranje transportnih procesa,
- upravljanje radom vozila te
- radnim vremenima mobilnih radnika.

### **2.2.1. Potražnja za transportnim uslugama**

Kada je riječ o optimiranju upravljanja voznim parkom, od velike važnosti je planiranje transportnih procesa koje je moguće jedino u uvjetima poznavanja potražnje za transportnim uslugama.

Potražnja se može promatrati kao zavisna varijabla koja je usko povezana sa gospodarskim stanjem na određenom teritoriju u određenom vremenskom periodu, pa se može reći da izravno ovisi o industrijskoj proizvodnji, robnoj razmijeni i razini bruto domaćeg proizvoda.

Promatrajući zakon ponude i potražnje, može se reći da porastom cijena transportnih usluga raste i količina usluga na tržištu, dok istovremeno s porastom cijena transportnih usluga pada potražnja za njima. To je veoma logično jer s porastom cijena, pružanje transportnih usluga postaje sve interesantnije svim prijevoznicima pa oni u takvim situacijama proširuju svoj vozni park u nadi da će

zauzeti što veći udio na tržištu. Međutim nisu oni jedini kojima je povećanje cijena transportnih usluga interesantno, jer tada i velik broju gospodarskih subjekata kojima transport do tog trenutka nije bio primarna djelatnost ima želju za ubacivanjem u prijevozničku branšu jer tu naravno vide svoj profit. Sa takvim razvojem događaja, na tržištu enormno brzo raste broj prijevoznika koji nudi svoje usluge s ciljem ostvarenja profita, a velik broj njih zapravo ne shvaća da takvim ponašanjem u pravilu rade veliku štetu sami sebi.

### **2.2.2. Upravljanje radom vozila**

Veoma bitnu ulogu prilikom organizacije i planiranja transportnih procesa ima činjenica ima li poduzeće unaprijed ugovorom zajamčene količine robe koju treba prevesti u određenom razdoblju. U tom slučaju može ponuditi malo niže cijene transporta jer ima zagaraniran posao i rizik u poslovanja se znatno smanjuje.

Kada je riječ o voznom parku kojeg čine teška teretna vozila, u praksi, tvrtke imaju na jedan tegljač dvije poluprikolice, primjerice zatvorenu s ceradom za prijevoz paletiziranog tereta i otvorenu za prijevoz kontejnera ili rasutih tereta, zato da tegljač i vozač budu stalno zaposleni, tj. da voze onu robu za kojom u tom trenutku postoji potražnja.

### **2.2.3. Upravljanje radnim vremenima mobilnih radnika**

Radno vrijeme mobilnih radnika, odnosno vozača strogo je definirano posebnim zakonom o radnom vremenu [4], obveznim odmorima mobilnih radnika i uređajima za bilježenje u cestovnom prometu (npr. tahometar).

Tim zakonom definirani su pojedini pojmovi:

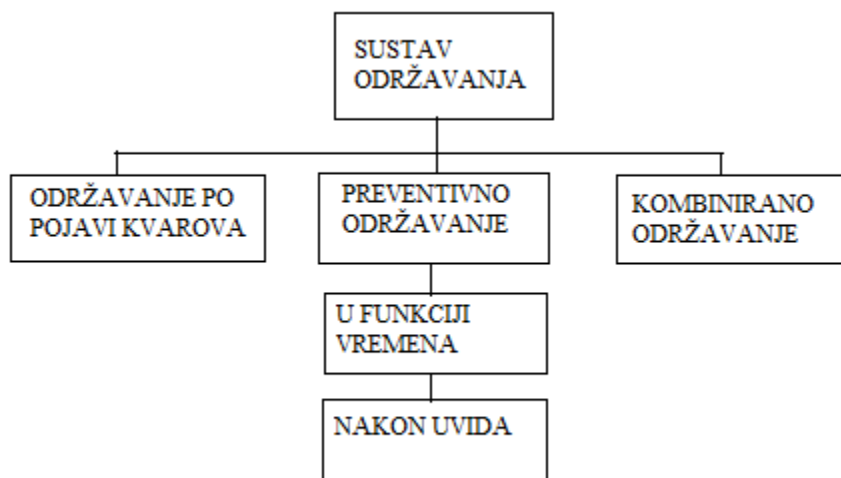
Mobilni radnik je svaki radnik koji čini dio prijevoznog osoblja zaposlen u tvrtki koja obavlja cestovni prijevoz putnika ili tereta kao javni prijevoz ili prijevoz za vlastite potrebe.

Radno vrijeme je vrijeme od početka do završetka rada tijekom kojeg se mobilni radnik nalazi na svom radnom mjestu, na raspolaganju poslodavcu te obavlja svoje poslove. U radno se vrijeme ubraja vrijeme provedeno u svim aktivnostima u cestovnom prijevozu, osobito [5]:

- vožnja,
- utovar i istovar,
- pomoć putnicima pri ulasku i izlasku iz vozila,
- čišćenje i tehničko održavanje.

### 2.3. Elementi održavanja i pouzdanosti voznog parka

Najčešći načini održavanja voznog parka podrazumijevaju preventivno održavanje, održavanje nakon pojave kvara, ili tzv. kombinirano održavanje,



**Slika 1. Sustav održavanja voznog parka**

Izvor: [5]

Preventivno održavanje može se temeljiti na vremenskom načelu, što podrazumijeva održavanje prema točno definiranim vremenskim intervalima, ili pak na načelu ocjene stanja nakon pregleda.

Održavanje nakon pojave kvara može se promatrati kao „dvosjekli mač“ iz razloga što je moguće ostvariti određene uštede ali isto tako i visoke troškove. Naime uštede se ostvaruju jer se pojedini dijelovi ne održavaju dok ne dođe do kvara, međutim to može uzrokovati lančani kvar drugih elemenata do kojih u slučaju preventivnog održavanja ne bi došlo. Također dodatni troškovi nastaju jer vozilo nije ispravno u

trenutku kad nastupi kvar, a potrebno je za izvršavanje planiranih prijevoznih procesa. [5]

### 3. Ključni pokazatelji iskorištenja voznog parka

Učinku prijevoznih sredstava prethodi prijevozni proces u širem smislu koji uključuje odvijanje tri osnovna procesa stvaranja prijevozne usluge: proces ukrcaja tereta, proces prijevoza tereta i proces iskrcaja tereta iz prijevoznog sredstva.

Za potrebe planiranja, analize i ocjene radne učinkovitosti vozila u cestovnom prometu uveden je sustav pokazatelja i koeficijenta uz pomoć kojih je moguće prikazati stupanj iskorištenja vozila te voznog parka u cjelini, kao i vrednovanje ostvarenih rezultata.

Te informacije mogu upozoriti na eventualne slabosti u prijevoznom procesu koje se analizom mogu detektirati, a zatim i otkloniti.

Tehničko-eksploatacijski pokazatelji mogu se podijeliti na:

- pokazatelje vremenske učinkovitosti prijevoznih sredstava
- pokazatelje iskorištenja prijeđenog puta
- pokazatelje iskorištenja kapaciteta prijevoznih sredstava
- pokazatelje brzine kretanja prijevoznih sredstava. [5]

#### 3.1 Pokazatelji vremenske učinkovitosti prijevoznih sredstava

Koeficijent ispravnosti prijevoznih sredstava odražava prosječno stanje opće ispravnosti voznog parka, odnosno sposobnosti homogenog voznog parka tijekom promatranog vremenskog razdoblja. Formula prikazuje oblik koeficijenta ispravnosti jednog prijevoznog sredstva za promatrano vremensko razdoblje:

$$\alpha_{is} = \frac{D_s}{D_k} = \frac{D_r + D_p}{D_r + D_p + D_n} \quad (1)$$

$\alpha_{is}$  - Koeficijent ispravnosti prijevoznih sredstava

$D_s$  - sposobni (ispravni) dani prijevoznog sredstva

$D_k$  - knjigovodstveni dani prijevoznog sredstva

$D_r$  - radni (aktivni) dani prijevoznog sredstva

$D_p$  - pričuvni (pasivni) dani prijevoznog sredstva

$D_n$  - nesposobni (neispravni) dani prijevoznog sredstva [6]

### 3.2. Pokazatelji iskorištenja prijeđenog puta

Pojam iskorištavanja prijeđenog puta (ili prijeđeni put prijevoznog sredstva s teretom i bez tereta) spoznao se pomoću koeficijenta ( $\beta$ ), koji ukazuje na iskorištenost prijeđenog puta glede pojave supstrata na prijevoznom sredstvu, bez obzira na to u kojoj je mjeri iskorištena nazivna nosivost. Dakle, koeficijentom ( $\beta$ ) iskazuje se udio prijeđenog puta pod opterećenjem u odnosu na ukupni prijeđeni put, pa će biti [6]:

- za jedno prijevozno sredstvo:

$$\beta = \frac{L_t}{L} = \frac{L_t}{L_t + L_p + L_0} \quad (2)$$

- za homogenu skupinu prijevoznih sredstava:

$$\beta = \frac{PSL_t}{PSL} = \frac{PSL_t}{PSL_t + PSL_p + PSL_0} \quad (3)$$

- za nehomogeni vozni park:

$$\bar{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^n PSL_{ti}}{\sum_{i=1}^n PSL_i} = \frac{\sum_{i=1}^n PSL_{ti}}{\sum_{i=1}^n PSL_{ti} + \sum_{i=1}^n PSL_{pi} + \sum_{i=1}^n PSL_{0i}} \quad (4)$$

Koeficijent nultoga prijeđenog puta određuje udio nultoga prijeđenog puta u ukupnom prijeđenom putu, odnosno može se iskazati s pomoću modela:

- za jedno prijevozno sredstvo:

$$\beta_0 = \frac{L_0}{L} \quad (5)$$

- za homogeni vozni park:

$$\beta_0 = \frac{PSL_0}{PSL} = \frac{PSL_0}{PSL_t + PSL_p + PSL_0} \quad (6)$$

- za nehomogeni vozni park:

$$\bar{\beta}_0 = \frac{\sum_{i=1}^n PSL_{0_i}}{\sum_{i=1}^n PSL} = \frac{\sum_{i=1}^n PSL_{0_i}}{\sum_{i=1}^n PSL_{t_i} + \sum_{i=1}^n PSL_{p_i} + \sum_{i=1}^n PSL_{0_i}} \quad (7)$$

### 3.3. Pokazatelji iskorištenja kapaciteta prijevoznih sredstava

Osnovno je pitanje koje se nameće u svezi s djelovanjem prijevoznih sredstava: da li je učinak na razini mogućeg i očekivanog. Pritom bi trebalo smatrati optimalnima one uvjete u kojih je zadovoljeno:

$$U_{\max} = L_T \cdot q_n (tkm) \quad (8)$$

gdje je:

$q_n$  - nazivna nosivost prijevoznog sredstva.

Koeficijent statičnog opterećenja prijevoznih sredstava ( $\gamma_s$ ) je količnik koji se dobije dijeljenjem stvarnog i mogućeg (nazivnog) opterećenja. Slijedom toga, koeficijent statičnog opterećenja za jednu vožnju bio bi:

$$\gamma_{s\gamma} = \frac{q_\gamma}{q_n} \quad (9)$$

gdje je [6]:

$q_\gamma$  - stvarna količina supstrata na prijevoznom sredstvu tijekom jedne vožnje

### 3.4. Pokazatelji brzine kretanja prijevoznih sredstava

Brzina kretanja prijevoznih sredstava jedna je od bitnih veličina koje utječu na prijevozni učinak. U stručnim se radovima i literaturi mogu naći različiti pojmovi vezani uz brzine. To se samo djelomice može pravdati. Za potrebe našeg razmatranja može se govoriti o četirima osnovnim brzinama: prometnoj brzini, prijevojnoj brzini, brzini obrta i eksploatacijskoj brzini. Prometna brzina  $V_p$  je brzina koju ostvari prijevozno sredstvo radeći na radnom zadatku, uzimajući u obzir samo vrijeme vožnje (rad motora) a isključujući stajanja zbog usputnog zadržavanja koje ne uzrokuje prometni tijek. Srednja prometna brzina će prema tome biti:

- za jedno prijevozno sredstvo:

$$V_p = \frac{L}{H_v} (km / h_v) \quad (10)$$

- za homogeni vozni park:

$$V_p = \frac{PSL}{HPS_v} (km / h_v) \quad (11)$$

- za nehomogeni vozni park

$$\bar{V}_p = \frac{\sum_{i=1}^n PSL_i}{\sum_{i=1}^n HPS_{v_i}} (km / h_v) \quad (12)$$

Prijevozna se brzina razlikuje od prometne utoliko što uzima u obzir i vrijeme mogućeg zadržavanja od polaska do dolaska bez obzira na razloge zadržavanja. [7]

### 3.5. Primjena informatičke podrške upravljanju voznim parkom

Primjena informatičke podrške upravljanju voznim parkom omogućuje:

- podizanje razine kvalitete usluge u prijevozu i distribuciji robe



- povećanje učinka prijevoznih sredstava
- brži protok informacija
- efikasnije odlučivanje
- smanjenje troškova
- optimalnu iskoristivost prijevoznih kapaciteta
- povećanje sigurnosti. [7]

Funkcije informatičke podrške upravljanju vozim parkom su prikupljanje i obrada podataka, pohranjivanje podataka i informacija te daljnja distribucija podataka i informacija korisnicima.

Programsko rješenje za upravljanje vozim parkom treba zadovoljiti sljedeće zahtjeve:

- Funkcionalni i operativni zahtjevi
- Ušteda i isplativost
- Mogućnost prilagodbe i dogradnje sustava
- Jednostavnost uporabe
- Mogućnost stručnog osposobljavanja operatera i osoblja koje će se koristiti odabranim sustavom.

Primjena ICT sustava zajedno s pratećim tehnologijama kao što su GIS (Geografic Information System), GPS (Global Position System), AVL (Automatic Vehicle Location) omogućuje:

- Povećanje efikasnosti u planiranju upotrebe prijevoznih sredstava
- Veće prosječno iskorištenje prijevoznih kapaciteta
- Brže otkrivanje slabije pokrivenih područja distribucije
- Automatsko praćenje pokazatelja rada voznog parka (KPI) i generiranje odgovarajućih izvješća
- Optimiranje prijevoznih ruta
- Bolje planiranje razvoja voznog parka.

### 3.5.1. Primjer informatičkog sustava za upravljanje voznim parkom

Programi za odabir optimalne rute dostavnog vozila mogu biti jednostavniji ili kompleksni, ovisno o opsegu posla kompanije i njihovim potrebama.

Računalni sustav za određivanje ruta distribucije Mireo CAD je sustav koji prvenstveno služi za određivanje optimalne rute dostavnog vozila, specijaliziran za razvoj navigacijskih i telematičkih tehnologija (GIS sustavi- računalni sustav sposoban za integriranje, spremanje, uređivanje, analiziranje i prikazivanje geografskih informacija). Sva inovativna rješenja zasnovana su na vlastitim tehnologijama te testirana i potvrđena u komercijalnim aplikacijama. Navigacijska rješenja koja su rezultat vlastitog razvoja prisutna su u više od 70 zemalja diljem svijeta. Osigurana je stalna i potpuna podrška. Višegodišnja uspješna suradnja s Fakultetom prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu na razvoju programskih sustava za računalno određivanje dostavnih ruta. Problem grupiranja narudžbi i resursa s ciljem izvršiti sve dostave u dogovorenim rokovima uz minimalni trošak.

Općeniti parametri i mogućnosti:

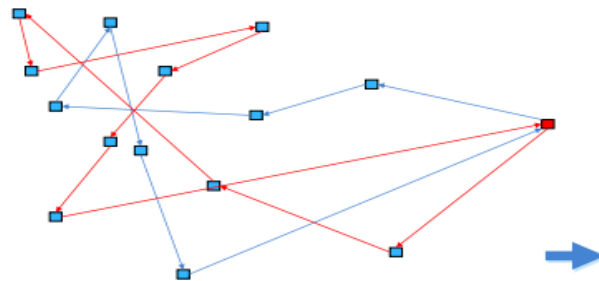
- Roba u narudžbi treba biti definirana volumenski, masom i drugim parametrima koji određuju način transporta
- Dostavna mjesta trebaju biti definirana adresom odnosno koordinatama na karti
- Definirati jedno ili više otpremnih mjesta/skladišta
- Homogeni ili heterogeni vozni park
- Prilagodljivost pri određivanju cilja
- Minimiziranje broja dostavnih vozila
- Minimiziranje prijeđenog puta ili radnog vremena
- Kombinacija gore navedenih ciljeva
- Mogućnost manualnog određivanja ruta distribucije

Parametri vozila[8]: Volumen teretnog prostora, tip teretnog prostora, vrijeme polaska, maksimalna duljina rute, maksimalno vrijeme trajanja distribucije.

Parametri kupca/dostavnog mjesta: Dimenzije narudžbe (masa, volumen, paleta ili neki drugi parametar), zadani vremenski interval za dostavu, trajanje dostave (parkiranje, istovar, čekanje i dr.), preferirani tip vozila, prioritet.

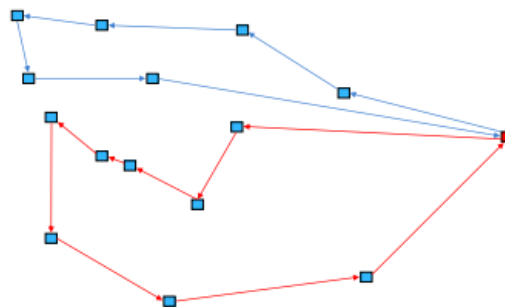
Obzirom na kompleksnost problema koji eksponencijalno raste povećanjem broja parametara te limitiranost ljudskog intelektualnog rada računalno određivanje dostavnih ruta je adekvatno rješenje. Općenito, pored preciznih cestovnih kartografskih podataka te brzog i pouzdanog algoritma za rutiranje, snaga sustava mjeri se mogućnošću da se pri računalnom određivanju ruta distribucije zadovolje svi parametri/zahtjevi korisnika sustava.

Primjer određivanja ruta:



**Slika 2. Ručno određivanje ruta**

Izvor: [9]



**Slika 3. Određivanje ruta sustavom Mireo CAD**

Izvor: [9]

Kao primjer kompleksnog sustava za upravljanje voznim parkom može se uzeti Artonic. Artronic SkyTrack je sustav koji može u 10 minuta izračunati optimalne rute za 3.000 dostavnih mjesta i 100 kamiona.

SkyTrack sustav za nadzor i upravljanje flotom prisutan je na tržištu već više od desetljeća, konstantno se razvija u suradnji s korisnicima te je danas jedan od najnaprednijih i najkompletnijih na tržištu. Sastoji se od opreme za ugradnju u vozila, centralne infrastrukture koja može biti smještena u oblaku ili kod korisnika, te skupa korisničkih aplikacija.

Logički je SkyTrack podijeljen na 3 osnovne cjeline – sustav za nadzor i upravljanje flotom, sustav za planiranje i optimizaciju ruta s BI analizom distributivnih procesa, te sustav za optimizaciju hodograma i upravljanje radom mobilnih radnika. Budući da su većinom korisnici srednja i velika poduzeća, bitno je napomenuti da je važan dio SkyTrack sustava i sučelje za spajanje s postojećim IT rješenjima (ERP, WMS...) radi razmjene podataka i automatizacije poslovnih procesa.

Uređaji u vozilima putem GPS-a prikupljaju podatke o vlastitoj lokaciji, brzini, smjeru kretanja, te ih zajedno s ostalim prikupljenim podacima iz računala vozila i podacima sa senzora šalju putem GSM mreže na server. Osim GPS satelitskog sustava za pozicioniranje, uređaji mogu koristiti i GLONASS, a za korekciju pozicije koriste EGNOS SBAS sustav.

Implementacija cijelog sustava ovisi o potrebama korisnika, od toga da li je potrebno samo osnovno praćenje ili se želi nešto više, pa do toga da li je potrebno složiti cijelu infrastrukturu i povezati se s postojećim rješenjima. Sama ugradnja osnovnog praćenja u vozilo je relativno jednostavna, no ako se želi spajanje s računalom vozila, te ako je potrebna ugradnja dodatnih senzora i povezivanje prikolice, ugradnja može trajati i više od jednog radnog dana. Dobar primjer složenih ugradnji je instalacija na kamione za odvoz smeća, gdje je osim praćenja kamiona potrebno ugraditi čitače za kante te cijeli sustav za vaganje.

Aplikacije za osnovno praćenje su WEB aplikacije, koje podržavaju sve platforme, uključujući i mobilne. Raspoloživi su dodatni moduli koji se implementiraju kod korisnika prema potrebama.

Za viši nivo funkcionalnosti i napredne korisnike uglavnom se koriste desktop aplikacije koje omogućavaju interaktivni brzi rad s velikom količinom podataka, osvježavanje mapa i lokacija vozila je trenutno, kašnjenje prema stvarnoj situaciji na terenu je zanemarivo. Primjer korištenja desktop aplikacija su vatrogasci, koji prema vozilima imaju on-line vezu i stvaran uvid u situaciju na terenu s kašnjenjem manjim od sekunde. Desktop aplikacije također se koriste i za optimizaciju ruta dostave, kao i za optimizaciju hodograma komercijalista. Interakcija s vozačima moguća je putem uređaja za navigaciju ili PDA uređaja koji se spajaju na STM uređaj u vozilu. Dispečer može razmjenjivati poruke s vozačem, navoditi vozača, slati zadatke i dokumente, dok vozač može unositi troškove, ispunjavati obrasce ili koristiti navigaciju.

Uređaji za navigaciju imaju relativno ograničene mogućnosti, u slučaju da je potrebno nešto više, koriste se PDA uređaji s Windows ili Android OS-om, gdje je moguće implementirati sve potrebne aplikacije.

Osim eliminiranja nepoželjnih događaja poput krađe goriva, prevelike brzine ili broja okretaja, sustav upozorava na odstupanja od zadane rute, korištenje vozila izvan radnog vremena ili izlazak vozila iz dozvoljenog područja rada. Uz EKO modul, kod vozača se razvija navika korištenja vozila u optimalnom području, štedeći gorivo i količinu potrebnih servisa. S implementacijom SkyTrack sustava korisnik dobije potpuni uvid u lokaciju i status flote, te može pratiti ispunjenje zadataka u realnom vremenu. Rezultat je ostvarenje ušteda, kroz smanjenje prijeđenih kilometara, potrošnje, broja vozila, servisa i vremena. Dobar primjer je optimizacija ruta dostave, gdje SkyTrack sustav optimalno raspoređuje robu da minimalni broj kamiona sa što manje kilometara i što manjim troškom u radno vrijeme izvrši kompletan zadatak. Za zadatak s 2-3.000 dostavnih mjesta i 100 kamiona, SkyTrack sustavu potrebno je manje od 10 minuta za izračun optimalnih tura.

U SkyTrack sustavu kroz razne aplikacije ima ukupno oko 900 raspoloživih izvještaja dostupnih u tabličnom i grafičkom obliku. Osnovni izvještaji uključuju kilometražu, mjesta i trajanja zaustavljanja, te lokacije paljenja/gašenja motora. U slučaju spajanja na računalo u vozilu, dodatno se dobiju podaci o potrošnji, broju okretaja, podaci s tahografa i sl.

Napredni izvještaji daju uvid u način vožnje vozača, količinu prevezenog tereta, isplativost rute, a moguće je dobiti i analizu troška. Ako se koriste SkyTrack sustavi optimizacije i/ili BI analize korisnik može čak dobiti podatak koliki je trošak isporuke robe po pojedinoj lokaciji po Brandu. Postoji automatski sustav izrade i distribucije izvještaja, koji omogućava periodičko slanje predefiniраниh izvještaja u željenom formatu na email adrese. Osim izvještaja, sustav može distribuirati i alarme, bilo putem emaila ili putem SMS poruka. Alarm prekoračenja brzine ili broja okretaja jedan je od najčešće korištenih, dok se često koriste i alarmi ulaska u zabranjene zone, krađe goriva i korištenja vozila izvan radnog vremena. [10]

## 4. Metodologija Šest sigma

Što je šest sigma? Na pitanje kako definirati šest sigma može se odgovoriti na više načina:

1. Statističko mjerenje izvođenja procesa ili proizvoda
2. Šest sigma za cilj ima postići savršenstvo u poslovnim procesima
3. Sistem upravljanja kojim se postiže dugoročno vodstvo u poslovanju

Grčko slovo  $\sigma$  predstavlja sigmu, simbol za standardnu devijaciju. Standardna devijacija je statistički način da se objasni kolika varijacija postoji u određenim podacima, skupini predmeta ili procesu [11].

Statistička metoda Six Sigma razvijena je sredinom osamdesetih godina 20. stoljeća u kompaniji Motorola. Bill Smith, inženjer u Motoroli, odabrao je naziv Six Sigma za metodu kojom bi smanjio broj grešaka u proizvodnji budući da dotadašnje metode nisu davale dovoljno dobre rezultate, kako bi mogli konkurirati naglo rastućoj japanskoj industriji. Dr. Mikel Harry osnovao je tim, sa Smithom kao članom, i izradio koncept unaprjeđenja kvalitete na osnovi 3,4 grešaka na milijun pokušaja. Taj organizacijski koncept postao je poznat kao Six Sigma te se bazirao na četiri osnovna koraka [12]:

- Mjerenje
- Analiza
- Unapređenje
- Kontrola.

Ukratko metodologija šest sigma predstavlja;

- disciplinirani pristup rješavanju problema,
- promjenu načina razmišljanja,
- ubrzavaju realizaciju već postojećih ideja,
- uvode standardne metode u praksu i
- donose mjerljive rezultate. [11]

## 4.1. Prednosti i nedostaci koncepta Šest sigma

Neke od važnijih prednosti su sljedeće:

- Metodologiju pokreću korisnici jer se želi postići maksimalno zadovoljstvo
- Implementacija metodologije Šest sigma vodi ka porastu profita i nižim troškovima
- Šest sigma može se implementirati u gotovo svaki posao

Nedostaci [13]:

- Neki stručnjaci smatraju da težnja savršenosti troši vrijeme na procese koji nisu profitabilni
- Šest sigma je dosta krut proces te ograničava kreativnost
- Zahtjeva da je procesima uvijek posvećena vješta osoba jer u suprotnom neće doći do pravilnog učinka

## 4.2. Razina sigme

Osnovna namjena Šest sigma modela u okviru metrike je mjerenje varijabilnosti poslovnih procesa. Sigma služi za mjerenje razine kvalitete jer može poslužiti kao standard koji odražava razinu kontrole nad bilo kojim procesom unutar granica zadanih za taj proces. Sigma skala omogućava usporedbu različitih poslovnih procesa u smislu određivanja sposobnosti procesa da ostane u granicama kvalitete zadanim za taj proces. Šest sigma se služi DPMO (broj pogreški na milijun pojava) kao pokazateljem razine kvalitete.



**Tablica 1. Razina sigme**

Razina sigme	DPMO	Postotak pogrešaka (%)
1	691,462	69
2	308,528	31
3	66,807	6,7
4	6,210	0,62
5	233	0,023
6	3,4	0,00034

Izvor: [14]

Iz tablice se može očitati broj grešaka u procesu ovisno o razini sigme. Primjerice kada je razina sigme 1, to znači da će biti 691462 pogreške na milijun pokušaja. Dok bi u procesu koji radi na razini od  $6\sigma$  na milijun pokušaja bile samo 3,4 pogreške.

Razina sigme u restoranima (isporuka točno onog jela koje je gost naručio), pri obračunu plaća ili doktorskom izdavanju recepata je oko  $2,2\sigma$  što znači da je svaka četvrta isporuka ili obračun netočan.

Prosječno poduzeće radi na  $3\sigma$  što znači da imaju 7% pogreške u onome čime se bave dok najbolja poduzeća u branši posluju na  $5,7\sigma$  što bi, ukoliko se bave npr. dostavom, bilo samo 15 krivih dostava na svakih milijun.

Nesreće (pad aviona) kod zračnih prijevoznika su oko  $6,2\sigma$  što znači da je potrebno preko milijun letova da avion padne, ali u ovom slučaju razina sigme samo pokazuje teoretsku stranu ove metodologije, bez obzira na razinu sigme jedino savršenstvo kada se govori o padu zrakoplova bilo bi da je broj padova 0.

### **4.3. Metoda poboljšanja DMAIC**

Različitim oblicima izobrazbe, osiguravanjem vremena za te aktivnosti, jasno postavljenim ciljevima i uz podršku menadžmenta poboljšavaju se procesi u kompaniji i ostvaruju konkretni rezultati. Prema metodologiji šest sigma & lean upravljanje projekt se ostvaruje u pet faza, tzv. DMAIC ciklusa.

Pri tome:

D- Definiranje problema ili prilike za poboljšanje. U ovoj fazi kreira se projektna mapa. To je ključni dokument u kojem se navode osnovni parametri bitni za sam projekt. Određuje se obujam projekta, područje koje on obuhvaća, krajnji korisnici, članovi tima koji će sudjelovati na projektu, rokovi do kojih pojedine faze moraju biti gotove, kao i druge koristi za samu kompaniju. Projektna mapa konačni je output faze definiranja, a izrazito je važan jer predstavlja putokaz koji obavlja sljedeće:

- Opisuje poslovni slučaj, uključuje cost-benefit analizu (analiza troškova i koristi kako bi se efikasno iskoristili resursi)
- definira problem koji se pokretanjem projekta želi riješiti
- specificira obujam projekta
- deklarira cilj projekta
- definira uloge pojedinih članova projektnog tima
- utvrđuje vremenski rok, kritične točke i poželjne rezultate projekta
- utvrđuje resurse i ostale zahtjeve

Ovo je faza u kojoj je korisno poznavanje pravih alata i metoda za upravljanje kvalitetom. Ukoliko postoje nužni resursi potrebni za provođenje projekta, potrebno ih je odrediti. Dio prve faze je i intervjuiranje korisnika kako bi se saznalo što je osnovni problem i koja su očekivanja korisnika. Također, cijeli se poslovni proces raščlanjuje i određuje se koji su ulazni i izlazni podaci procesa te interakcija između sudionika u procesu.

M- Mjerenje performansi procesa. Vremenski najdulja faza u kojoj se prikupljaju svi relevantni podatci procesa koje je moguće brojčano izraziti. Cilj je utvrđivanje uzročne veze između performansi procesa i dodavanja vrijednosti za kupca. Određuju se varijable koje utječu na proces, inputi, outputi, korisnici, vremenske varijable. U ovoj se fazi od alata koriste brojne statističke metode kako bi se na osnovu prikupljenih podataka iskazala Šest sigma vrijednost, a alat koji se najčešće koristi je Pareto dijagram. U njemu se iskazuju najvažnije varijable procesa tj. one koje imaju najveći utjecaj na proces, dok ostale koje nisu toliko značajne ostaju po strani. Time je omogućeno da se projekt fokusira na najvažnije varijable te samim tim ostvari i najveći učinak. Od ostalih alata koriste se još: histogrami, kontrolne karte itd.

A- Analiza procesa kako bi se utvrdili korijeni slabih performansi, uključujući odluku može li se proces poboljšati ili ga treba redizajnirati. Podrazumijeva analiziranje podataka prikupljenih u fazi mjerenja. U ovoj fazi već je vidljiv način kako unaprijediti proces i kojim putem dalje voditi projekt. Provodi se identifikacija uzroka prethodno definiranih problema, postepeno se sužava izbor uzročnika te se projekt usmjerava prema glavnom uzroku.

I- Poboljšanje procesa kroz eliminaciju uzroka problema. Dolaskom u ovu fazu projekt se bliži svom kraju. Ovu fazu nije moguće započeti bez završetka prethodnih. U fazi unaprjeđenja provodi se iskazivanje rješenja problema u stvarnom okruženju. Do rješenja se dolazi korištenjem spoznaja i analiza prethodnih faza.

Testiranje se vrši uglavnom pilotiranjem na nekom primjeru ili simuliranjem sustava nakon implementacije rješenja.

C- Kontrola poboljšanja procesa kako bi se provjerilo ostvaruju li se zacrtani ciljevi. Faza kontrole zapravo je faza zaključivanja projekta. U njoj se kontrolira implementacija rješenja te se nadgleda proces i njegovo funkcioniranje nakon uvođenja rješenja. Posebno je bitno osvrnuti se na reagiranje procesa i sudionika nakon uvođenja rješenja, te biti spreman na dodatne aktivnosti oko eventualnih manjih prilagodbi. Redizajn procesa: ponekad puko poboljšanje postojećeg procesa nije dovoljno, stoga se prilazi dizajniranju novog procesa ili barem redizajniranju postojećeg. Postoji nekoliko razloga zbog kojih je to potrebno napraviti:

- Organizacija se može odlučiti na zamjenu umjesto popravljavanja nekih procesa; Tijekom unaprjeđenja procesa utvrdi se kako postojeći proces nikad neće priskrbiti razinu kvalitete koju kupci žele;
- Organizacija uočava mogućnost da ponudi potpuno nov proizvod ili uslugu.

[15]

#### **4.4. Metoda poboljšanja DMADV**

Druga metoda Šest sigma je DMADV, a ona se koristi prilikom kreiranja novoga proizvoda ili procesa. Metoda poboljšanja procesa DMADV je najpopularniji sastavni dio alatnog paketa DFSS (Design For Six Sigma). DFSS metoda ima za cilj kreirati proces koji ne stvara greške. Ona sadrži mnogo strože alate za identificiranje kritičnih zahtjeva kupaca koje prevodi u proces i njegovu kontrolu, istražuje konstrukcijska alternativna rješenja, razvija detalje konstrukcijskih rješenja i primjenjuje nova konstrukcijska rješenja. Za razliku od DMAIC metode, postupci ili koraci DFSS-a nisu svugdje isto prepoznati i implementirani. Gotovo svaka tvrtka ima svoju definiciju DFSS-a. U nekim slučajevima tvrtka će primijeniti i prilagoditi DFSS svom poslovanju, industriji i kulturi, dok će u drugim slučajevima jednostavno prihvatiti definiciju koju im nametne konzultantska firma koja posluje s njima. Iz tih razloga, DFSS je više pristup nego metodologija. Ova metoda se sastoji od sljedećih pet koraka [16]:

1. Definiranje konstrukcijskih ciljeva uzimajući u obzir zahtjeve kupaca te poslovnu strategiju tvrtke.
2. Mjerenje i identifikacija CTQ-a (karakteristike koje su kritične za kvalitetu), proizvodna sposobnost, rizici sposobnost proizvodnog procesa.
3. Analiza i razvoj različitih konstrukcijskih rješenja nakon kojih se rješenja ocjenjuju te se izabire najbolja konstrukcija.
4. Detaljiziranje konstrukcija, optimizacija konstrukcija te planiranje provjere konstrukcija - ova faza može zahtijevati razne simulacije.
5. Provjera konstrukcije, izrada prototipova te realizacija procesa

#### **4.5. Lean upravljanje**

Lean je riječ koja u doslovnom prijevodu znači tanko ili vitko, a postala je glavni termin za različite koncepte upravljanja, odnosno menadžmenta. Bilo da se odnosi na lean proizvodnju, Lean projektiranje ili Lean održavanje, termin Lean se koristi u svim granama industrije. Lean podrazumijeva sustav kojime se postiže dodavanje

vrijednosti aktivnostima različitih procesa i smanjenje gubitaka kroz redukciju i eliminaciju onih aktivnosti koje nemaju vrijednosti.

Lean proizvodnja se temelji na upravljanju znanjem i promjenama. Lean poduzeće podrazumijeva „Lean zaposlenike“ gdje prije nego poduzeće postane Lean, prije zaposlenici moraju „postati Lean“. Lean poduzeće treba osigurati zaposlenike sa iskustvom, znanjem i vještinama. Iskustvo se stječe s vremenom, ali mora postojati podrška. Znanje i vještine dolaze s edukacijom i treningom pa menadžment mora razumjeti potrebe te kontinuirano educirati i osposobljavati zaposlenike.

Lean filozofiju najlakše je opisati kroz njezinih pet načela [17]:

1. Odrediti „VRIJEDNOST“ sa gledišta kupca odnosno utvrditi vrijednosti koje je kupac spreman platiti.
2. Ustanoviti sve korake u „TOKU VRIJEDNOSTI“ i kad god je to moguće ukloniti korake koji ne dodaju vrijednost. Tok vrijednosti prikazuje se pomoću mapa toka vrijednosti.
3. Omogućiti „TIJEK“ tj. težiti tome da najveći udio u trajanju procesa imaju aktivnosti koje direktno dodaju vrijednost proizvodu.
4. „POVLAČENJE PROIZVODNJE“ odnosno PULL podrazumijeva organizaciju proizvodnog procesa na način da narudžba kupca bude okidač koji će pokrenuti sve aktivnosti u procesu.
5. „TEŽNJA SAVRŠENSTVU“ na način da se ponavljaju prethodna četiri koraka, da se točno odredi vrijednost, ustanove svi koraci u toku vrijednosti, ustanovi koji koraci stvaraju gubitke te da se uvede sistem povlačenja materijala i tok materijala.

Iako su Lean i Šest sigma u početku bili odvojene metodologije, one su u biti komplementarne, međusobno se nadopunjuju, te zajedno doprinose kontinuiranom unaprjeđivanju poslovnih aktivnosti.

Pri ustrojavanju logističkih procesa prema Lean i Šest sigma principima, formira se funkcionalna cjelina, u vidu operativnog modela koji usmjerava logističare ka rješavanju logističkih problema, dok istodobno omogućuje unaprjeđenje poslovnih aktivnosti u svim segmentima poslovanja poduzeća.

## **5. Mogućnosti primjene metodologije Šest sigma u upravljanju voznim parkom**

U analizi učinkovitosti voznog parka na primjeru odabrane tvrtke iz prehrambene industrije, po kriteriju popunjenosti vozila, koristiti će se metodologija Šest sigma. Sama metodologija objašnjena je u prethodnom poglavlju.

Radi se o studiji slučaja jednog renomiranog proizvodnog poduzeća iz prehrambenog sektora u Hrvatskoj, koje je omogućilo ovo istraživanje. Prikupljeni podaci tijekom istraživanja okarakterizirani su od rukovodstva tvrtke kao poslovna tajna te nije dopušteno javno objavljivanje naziva tvrtke i detaljniji prikaz prikupljenih podataka.

Odnosna tvrtka se bavi proizvodnjom prehrambenih proizvoda te za svoje vlastite potrebe koriste jednake tegljače s poluprikolicom.

Transport ovoj tvrtci nije primarna djelatnost te služi samo za potrebu opskrbe različitih LDC-a vlastitim proizvodima. Sukladno maksimalnom operativnom kapacitetu od 20 tona<sup>1</sup> raspoloživih kamiona u voznom parku tvrtke, idealno bi bilo kada bi svaki od njih u svakom prijevozu prevezio točno toliko. Međutim, zbog niza čimbenika to nije tako. Jedan od glavnih čimbenika je volumen pošiljaka kao i operativni zahtjevi (narudžbe) LDC-a spram proizvođača (tvrtke iz studije slučaja).

U narednim podpoglavljima objašnjen je primjenjeni pristup metodologije Šest sigma u analizi iskoristivosti voznog parka te su prikazani rezultati analize.

### **5.1. Objašnjenje obuhvata analize**

Prikazana analiza uključuje podatke o popunjenosti kamiona za prvih šest mjeseci u 2014., 2015. i 2016. godini. Podaci se odnose na kapacitet vozila i popunjenost svakog vozila po izlazu s ukrcajne rampe skladišta gotovih proizvoda tvrtke prema jednom od LDC-a. Podaci o volumenu ukrcane robe nisu uzeti u obzir jer isti nisu dobiveni od tvrtke. Nadalje, podaci o žurnosti pošiljke uslijed izvanrednih narudžbi,

---

<sup>1</sup> Radi se o prosječno ukrcanoj masi tereta u slučajevima kada je teretni prostor vozila u potpunosti iskorišten. Ovaj podatak se primjenjuje zbog toga što ograničavajući čimbenik kod ukrcaja može biti volumen tereta, a o tomu se ne vodi evidencija.

kao i podaci o redovitoj dostavi kad su narudžbe smanjenog obujma nisu uzeti u obzir.

Da bi se odredila razina sigme potrebno je postaviti gornju i donju granicu tolerancije. Naime, razina sigme u ovom slučaju podrazumijeva vjerojatnost popunjenosti vozila unutar prihvaćenih granica tolerancije. Tako na primjer kada je analizom podataka za određeni mjesec dobivena razina od  $3\sigma$  to podrazumijeva da je u tom mjesecu 93,3% vozila bilo popunjeno unutar zadanih granica tolerancije. Odnosno da je 6,7% vozila bilo popunjeno ispod granica tolerancije, što se smatra neuspjehom ili pogreškom.

Za potrebe ovog rada napravljene su 3 analize kako bi se stekao dojam korištenja Šest sigma metodologije u upravljanju voznim parkom. Analize se razlikuju u granicama tolerancije. U svakoj od analiza gornja granica tolerancije uzeta je prema ukupnom kapacitetu vozila (20 tona), dok su donje granice tolerancije različite.

**Prva analiza:** prosjek prevezene robe po kamionu za cijelo promatrano razdoblje je 17340 kg. Za prvu analizu ta količina će biti donja granica tolerancije, a gornja granica biti će 20 tona. Svaki kamion koji prevozi manje od 17340 kg i više od 20 tona biti će smatran neuspjehom ili pogreškom.

**Druga analiza:** u ožujku 2015. godine prosječna količina robe po kamionu je bila 19 tona. U promatranom razdoblju, prvih šest mjeseci u 2014., 2015. te 2016. godine, taj mjesec ima najveću prosječnu količinu prevezene robe po kamionu. Stoga je za drugu analizu gornja granica postavljena na 20 tona, a donja na 19 tona. Cilj je prikazati koja će biti razina sigme ukoliko se svi mjeseci usporede s onim najboljim.

**Treća analiza:** U praksi je veoma rijedak slučaj da su kamioni maksimalno popunjeni te je potrebno odrediti minimalnu isplativu količinu prevezene robe da bi pojedini transport bio isplativ odnosno rentabilan.

Prema dobivenim podacima od strane rukovodstva tvrtke tijekom istraživanja za potrebe ovog rada, 15 tona u prijevozu predstavlja točku rentabilnosti prijevoza. Ta količina je omjer prosječne prevezene količine robe i prosječne vrijednosti robe po toni te troškova transporta.

Tada će, u trećoj i najbitnijoj analizi, donja granica tolerancije biti postavljena na 15 tona, dok će gornja granica tolerancije biti 20 tona. Svaki put kada kamion prevozi količinu robe koja je van tih granica, taj će transport biti smatran pogreškom.

Za analizu podataka i izradu grafova korišten je programski alat QI Macros 2016.

## 5.2. Analiza popunjenosti vozila za 2014. godinu

U prvih šest mjeseci 2014. godine ukupna prevezena količina robe iznosila je 20850 tona. Za prijevoz te količine robe iz proizvodnje u LDC kamioni su putovali 1239 puta što je prosjek od 16828 kg robe po kamionu.

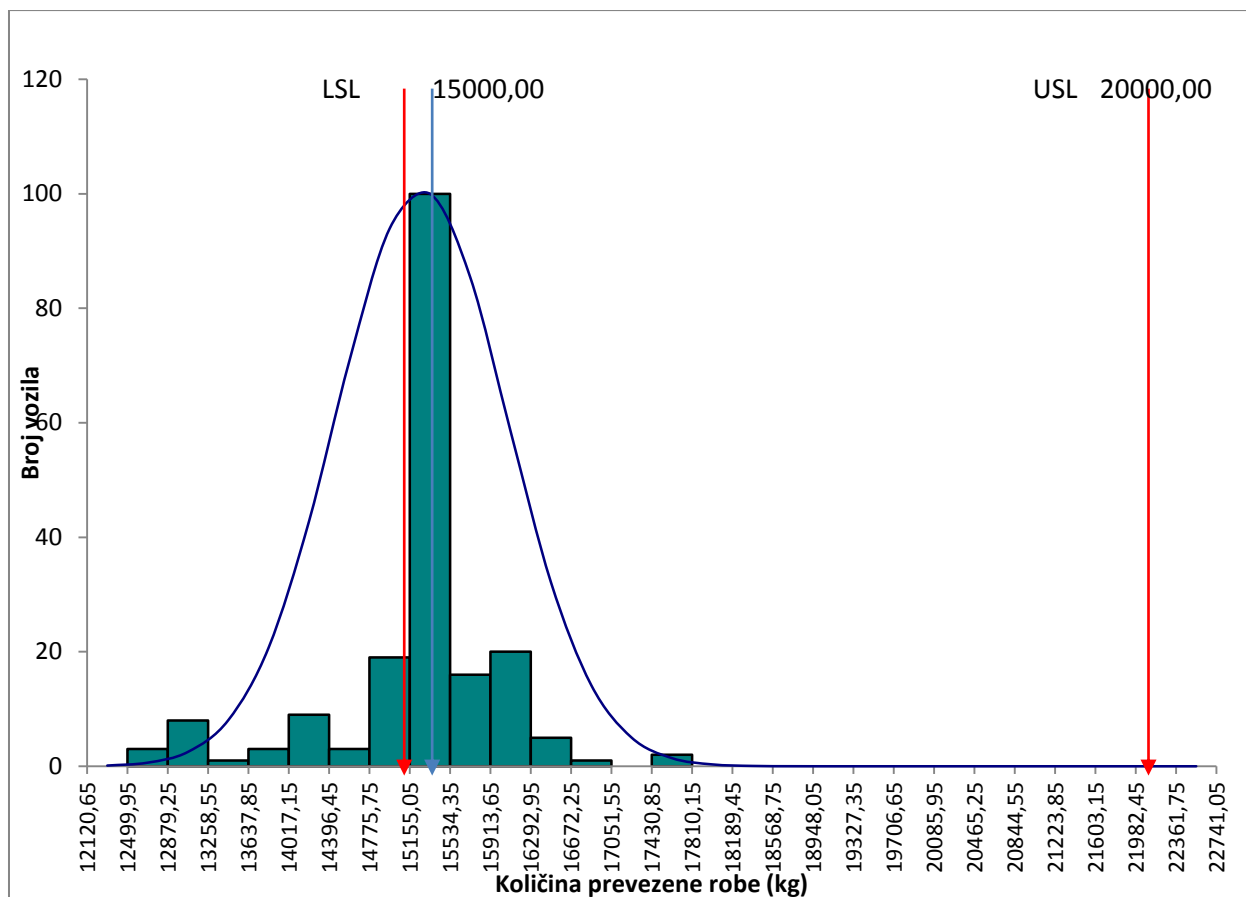
**Tablica 2. Podaci o popunjenosti vozila za 2014. godinu**

	Siječanj	Veljača	Ožujak	Travanj	Svibanj	Lipanj	Ukupno
Ukupna količina prevezene robe (t)	2.900	3.030	3.600	3.500	3.600	4.220	20.850
Broj prijevoznih tura između proizvodnje i LDC-a	190	197	200	200	212	240	1239
Prosječna prevezena količina robe po kamionu (kg)	15263	15381	18000	17500	16981	17583	16828
Najmanja prevezena količina	12500	12500	14490	14490	14190	14190	12500
Najveća prevezena količina	17810	18960	20050	20050	19345	19455	20050
Razina sigme (17340)	0,81	0,19	2,04	1,77	1,25	1,99	1,3
Razina sigme (19000)	0	0	0,69	0,16	0,48	0,19	0,03
Razina sigme (15000)	2,57	2,48	3,25	3,38	3,13	3,28	2,94

Kao što je rečeno u uvodu razina sigme prvo je računata za siječanj 2014. sa donjom granicom tolerancije od 17340 kg. U tom slučaju samo su dva kamiona prevozila više od toga, te je to razlog niske razine sigme od 0,81. Ova razina sigme znači da je u 1% prijevoza tijekom siječnja 2014 popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.



Nakon toga, u sljedećoj analizi za donju granicu tolerancije uzeto je 19000 kg. Razina sigme je nula što znači da niti jedan kamion nije prevezio preko 19000 kg. Na sljedećem grafu je prikazana analiza nakon što je donja granica postavljena na 15000 kg.



**Graf 1. Prikaz razine sigme za siječanj 2014. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg**

Iz grafa 1 je vidljivo da od 190 kamiona koji su u siječnju prevozili robu od proizvodnje do LDC-a, njih 27 nije prevezlo više od 15 tona. Razina sigme u tom slučaju je 2,57. Ova razina sigme znači da je u 86% prijevoza tijekom siječnja 2014 popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

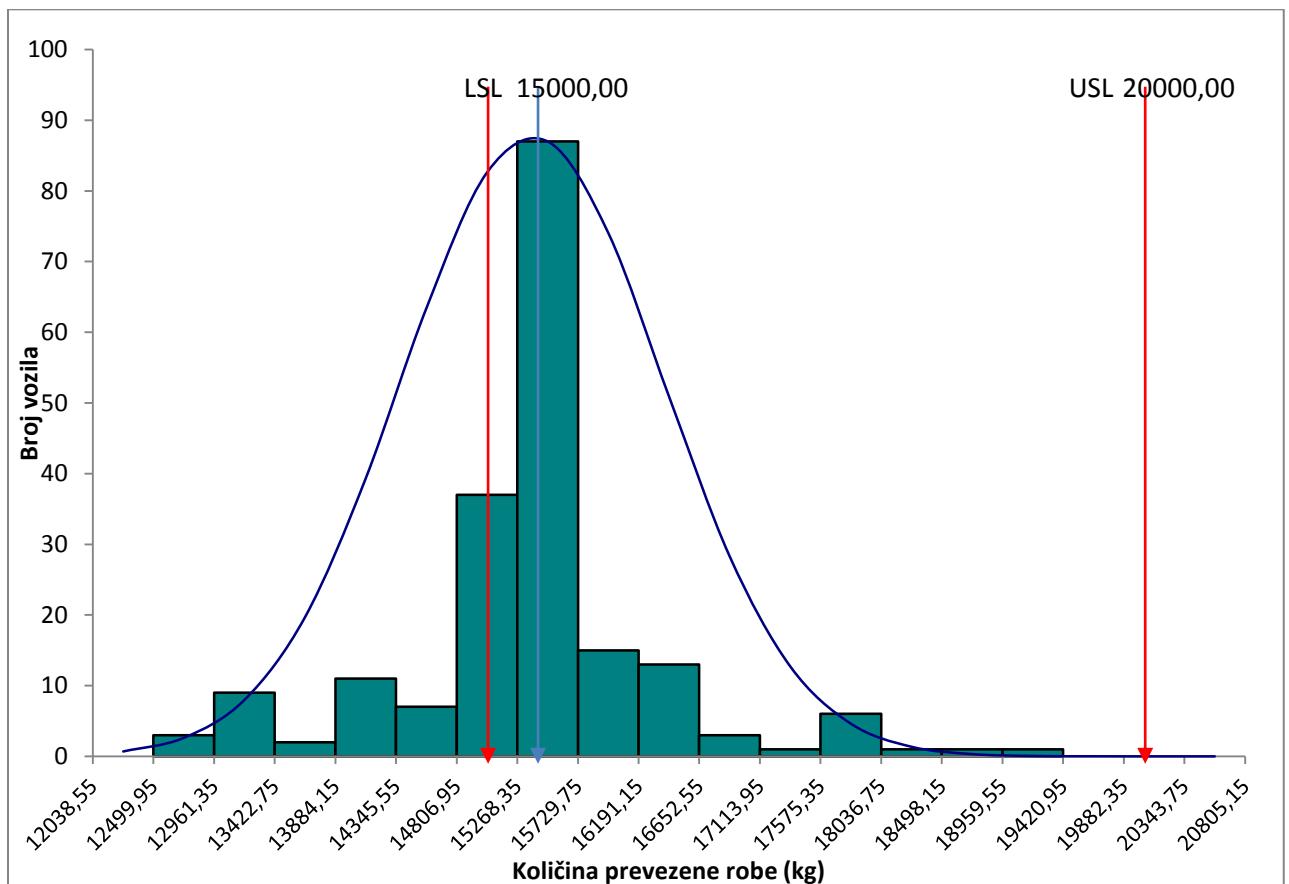
U veljači 2014. razina sigme prvo je računata sa donjom granicom tolerancije od 17340 kg. U tom slučaju samo je devet kamiona prevezilo više od toga, te je sigma

0,19. Ova razina sigme znači da je u 4,5% prijevoza tijekom veljače 2014. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Nakon toga, u sljedećoj analizi za donju granicu tolerancije uzeto je 19000 kg.

Razina sigme je nula što znači da niti jedan kamion nije prevezio preko 19000 kg.

Na sljedećem grafu je prikazana analiza nakon što je donja granica postavljena na 15000 kg.



**Graf 2. Prikaz razine sigme za veljaču 2014. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg**

Iz grafa 2 je vidljivo da od 197 kamiona koji su u veljači prevozili robu od proizvodnje do LDC-a, njih 32 nije prevezlo više od 15 tona. Razina sigme u tom slučaju je 2,48.

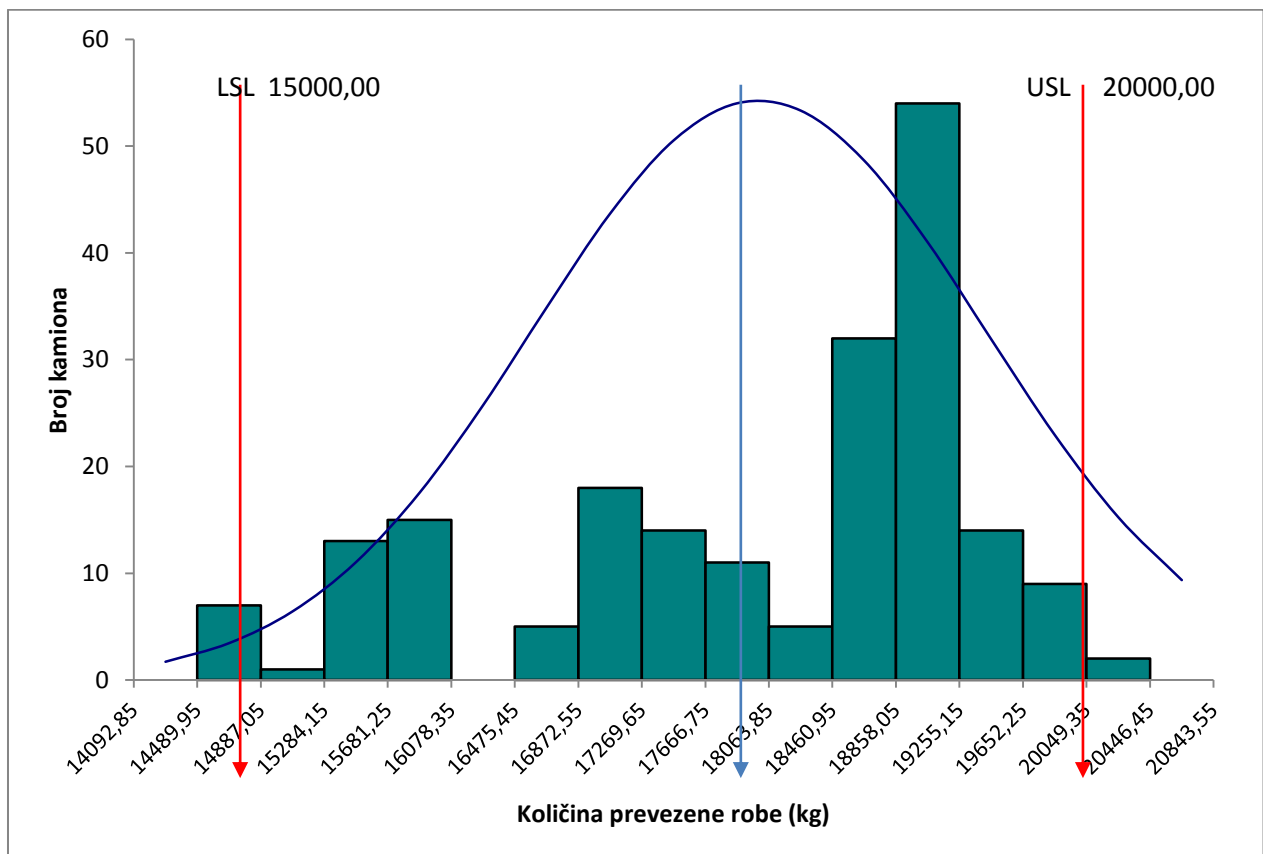
Ova razina sigme znači da je u 84% prijevoza tijekom veljače 2014. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

U ožujku 2014. razina sigme prvo je računata sa donjom granicom tolerancije od 17340 kg. U tom slučaju 141 kamion prevezio je više od toga, te je sigma 2,04. Ova

razina sigme znači da je u 70% prijevoza tijekom ožujka 2014. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Nakon toga, u sljedećoj analizi za donju granicu tolerancije uzeto je 19000 kg. 42 kamiona su prevozila preko 19000kg što znači da je sigma 0,69. Ova razina sigme znači da je u 21% prijevoza tijekom ožujka 2014. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Na sljedećem grafu je prikazana analiza nakon što je donja granica postavljena na 15000 kg.



**Graf 3. Prikaz razine sigme u ožujku 2014. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg**

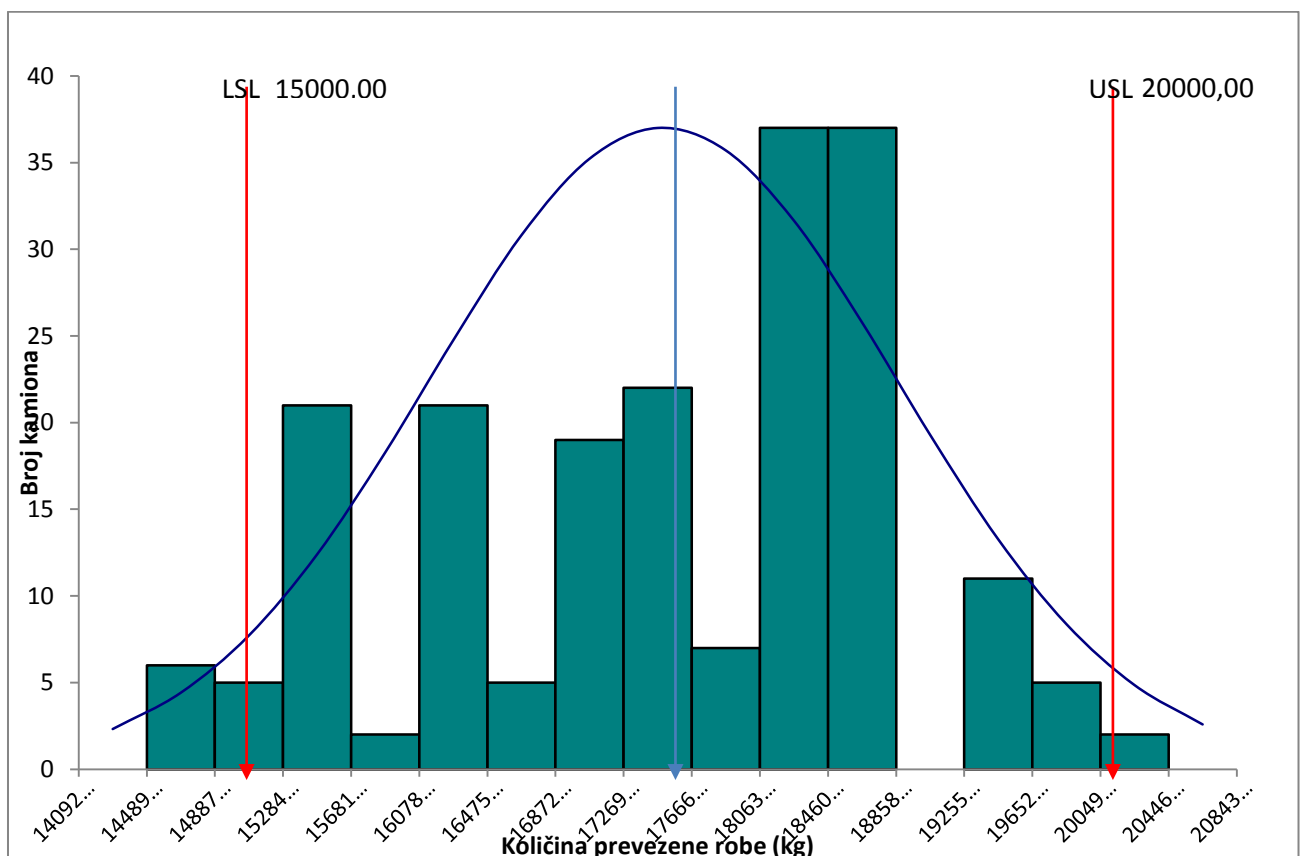
Iz grafa 3 je vidljivo da od 200 kamiona koji su u ožujku prevozili robu od proizvodnje do LDC-a, njih 8 nije prevezlo više od 15 tona. Razina sigme u tom slučaju je 3,25. Ova razina sigme znači da je u 96% prijevoza tijekom ožujka 2014. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

U travnju 2014. razina sigme prvo je računata sa donjom granicom tolerancije od 17340 kg. U tom slučaju 121 kamion prevezio je više od toga, te je sigma 1,77. Ova

razina sigme znači da je u 60% prijevoza tijekom travnja 2014. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Nakon toga, u sljedećoj analizi za donju granicu tolerancije uzeto je 19000 kg. 18 kamiona su prevozila preko 19000kg što znači da je sigma 0,16. Ova razina sigme znači da je u 9% prijevoza tijekom travnja 2014. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Na sljedećem grafu je prikazana analiza nakon što je donja granica postavljena na 15000 kg.



**Graf 4. Prikaz razine sigme u travnju 2014. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg**

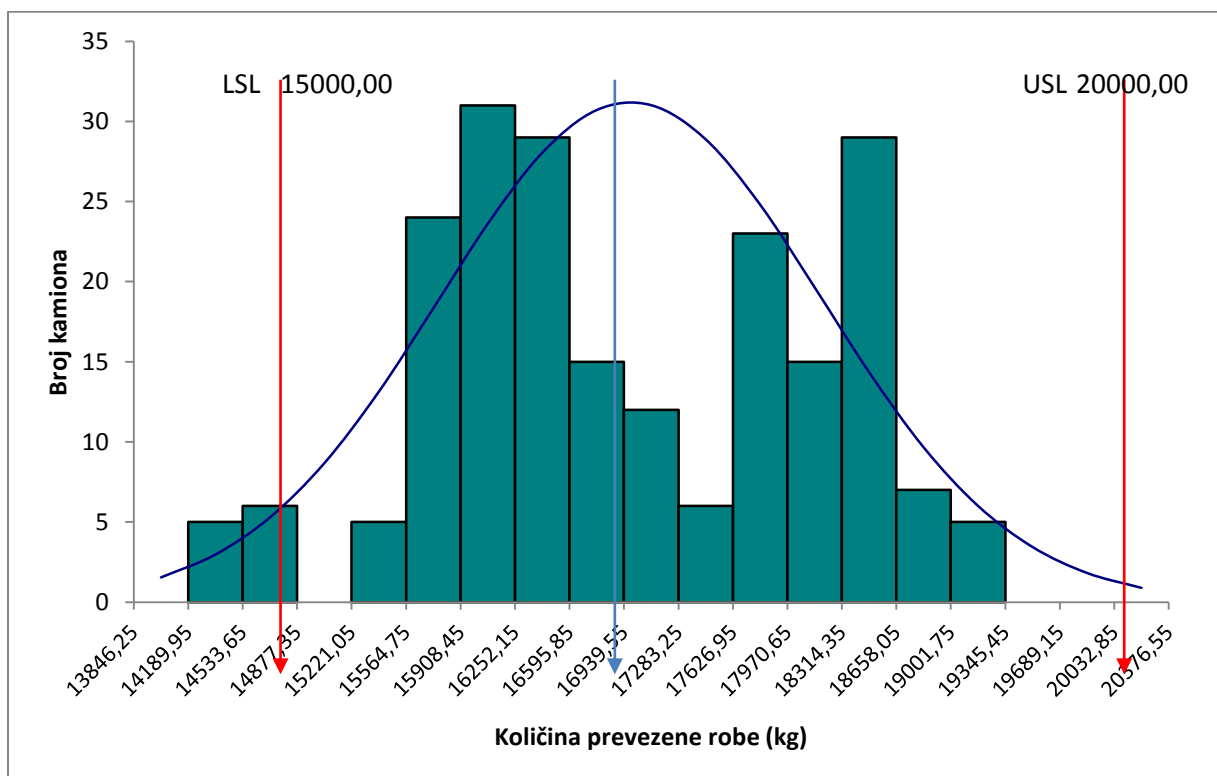
Iz grafa 4 je vidljivo da od 200 kamiona koji su u travnju prevozili robu od proizvodnje do LDC-a, njih 6 nije prevezlo više od 15 tona. Razina sigme u tom slučaju je 3,38. Ova razina sigme znači da je u 97% prijevoza tijekom travnja 2014. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

U svibnju 2014. razina sigme prvo je računata sa donjom granicom tolerancije od 17340 kg. U tom slučaju 85 kamiona prevozilo je više od toga, te je sigma 1,25. Ova

razina sigme znači da je u 40% prijevoza tijekom svibnja 2014. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Nakon toga, u sljedećoj analizi za donju granicu tolerancije uzeto je 19000 kg. 5 kamiona je prevozilo preko 19000kg što znači da je sigma 0,48. Ova razina sigme znači da je u 2,3% prijevoza tijekom svibnja 2014. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Na sljedećem grafu je prikazana analiza nakon što je donja granica postavljena na 15000 kg.



**Graf 5. Prikaz razine sigme u svibnju 2014. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg**

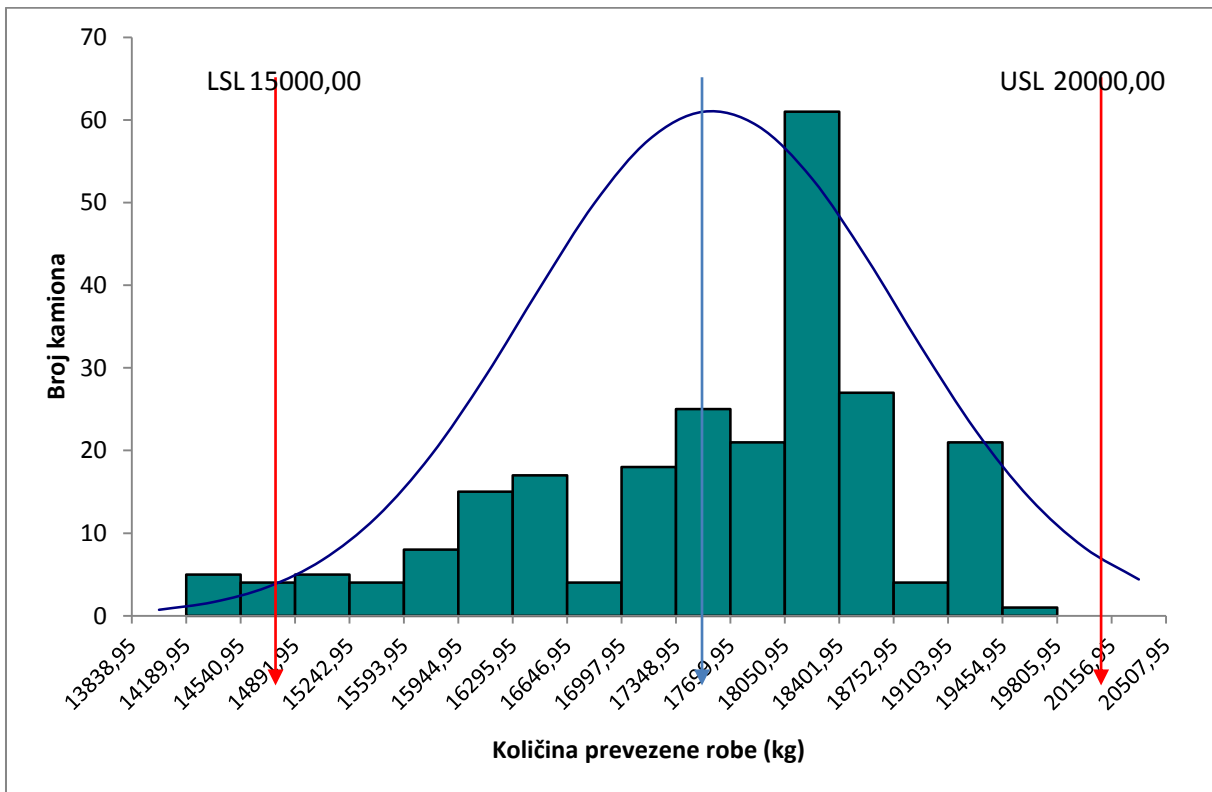
Iz grafa 5 je vidljivo da od 212 kamiona koji su u svibnju prevozili robu od proizvodnje do LDC-a, njih 11 nije prevezlo više od 15 tona. Razina sigme u tom slučaju je 3,13. Ova razina sigme znači da je u 95% prijevoza tijekom svibnja 2014. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

U lipnju 2014. razina sigme prvo je računata sa donjom granicom tolerancije od 17340 kg. U tom slučaju 165 kamiona prevozilo je više od toga, te je sigma 1,99. Ova

razina sigme znači da je u 68% prijevoza tijekom lipnja 2014. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Nakon toga, u sljedećoj analizi za donju granicu tolerancije uzeto je 19000 kg. 23 kamiona je prevozilo preko 19000kg što znači da je sigma 0,19. Ova razina sigme znači da je u 9,5% prijevoza tijekom lipnja 2014. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Na sljedećem grafu je prikazana analiza nakon što je donja granica postavljena na 15000 kg.



**Graf 6. Prikaz razine sigme u lipnju 2014. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg**

Iz grafa 6 je vidljivo da od 240 kamiona koji su u lipnju prevozili robu od proizvodnje do LDC-a, njih 9 nije prevezlo više od 15 tona. Razina sigme u tom slučaju je 3,28. Ova razina sigme znači da je u 97% prijevoza tijekom lipnja 2014. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

### 5.3. Analiza popunjenosti vozila za 2015. godinu

U prvih šest mjeseci 2015. godine ukupna prevezena količina robe iznosila je 22050 tona. Za prijevoz te količine robe iz proizvodnje u LDC kamioni su putovali 1270 puta što je prosjek od 17362 kg robe po kamionu.

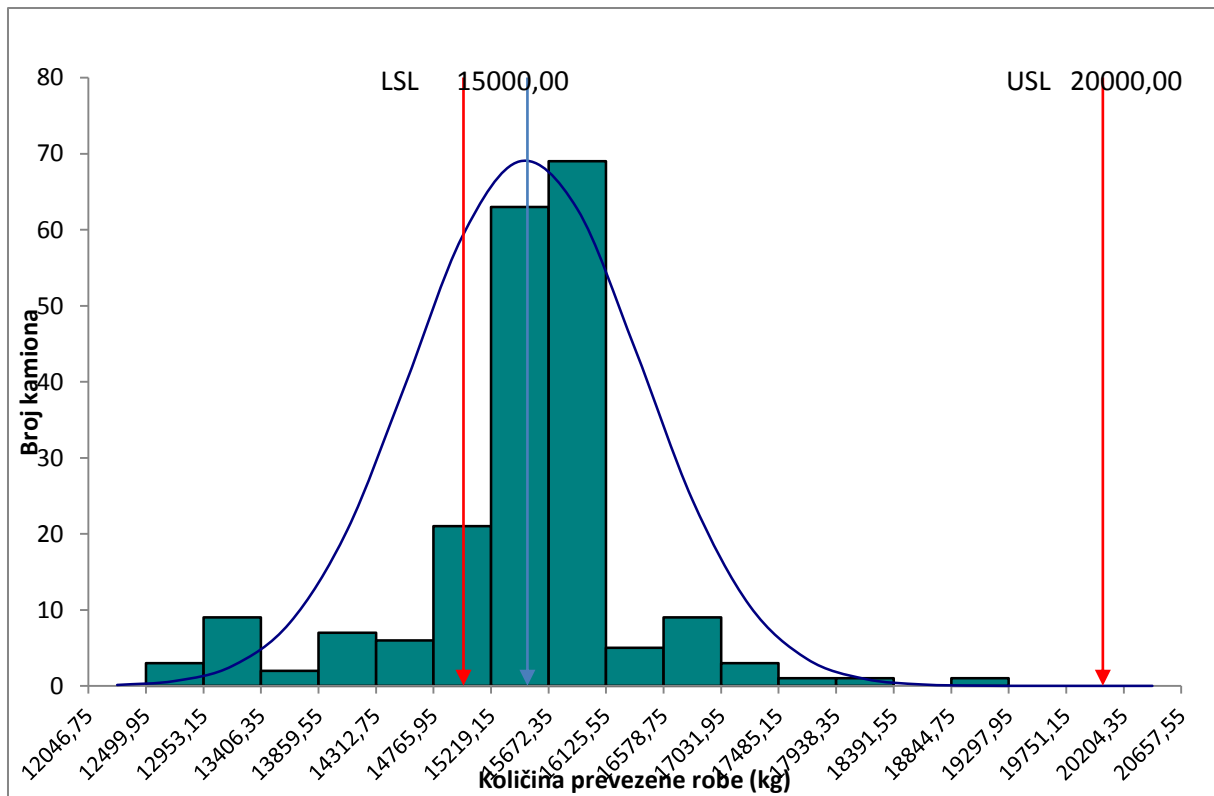
**Tablica 3. Podaci o popunjenosti vozila za 2015. godinu**

	Siječanj	Veljača	Ožujak	Travanj	Svibanj	Lipanj	Ukupno
Ukupna količina prevezene robe (t)	3 100 000	3150000	3800000	3650000	3650000	4400000	22050000
Broj prijevoznih tura između proizvodnje i LDC-a	200	200	200	200	220	250	1270
Prosječna prevezena količina robe po kamionu (kg)	15500	15750	19000	18250	16590	17600	17362
Najmanja prevezena količina	12500	13500	14650	14490	14190	14190	12500
Najveća prevezena količina	18845	18960	20050	19690	19345	19455	20050
Razina sigme (17340)	0,55	0,25	3,01	2,49	1,05	1,91	1,44
Razina sigme (19000)	0	0	1,25	0,51	0,5	0,17	0,27
Razina sigme (15000)	2,54	2,54	3,46	3,25	3,1	3,25	2,94

U siječnju 2015. razina sigme prvo je računata sa donjom granicom tolerancije od 17340 kg. U tom slučaju 4 kamiona prevozilo je više od toga, te je sigma 0,55. Ova razina sigme znači da je u 2% prijevoza tijekom siječnja 2015. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Nakon toga, u sljedećoj analizi za donju granicu tolerancije uzeto je 19000 kg. Niti jedan kamion nije prevezio preko 19000kg što znači da je sigma 0.

Na sljedećem grafu je prikazana analiza nakon što je donja granica postavljena na 15000 kg.



**Graf 7. Prikaz razine sigme u siječnju 2015. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg**

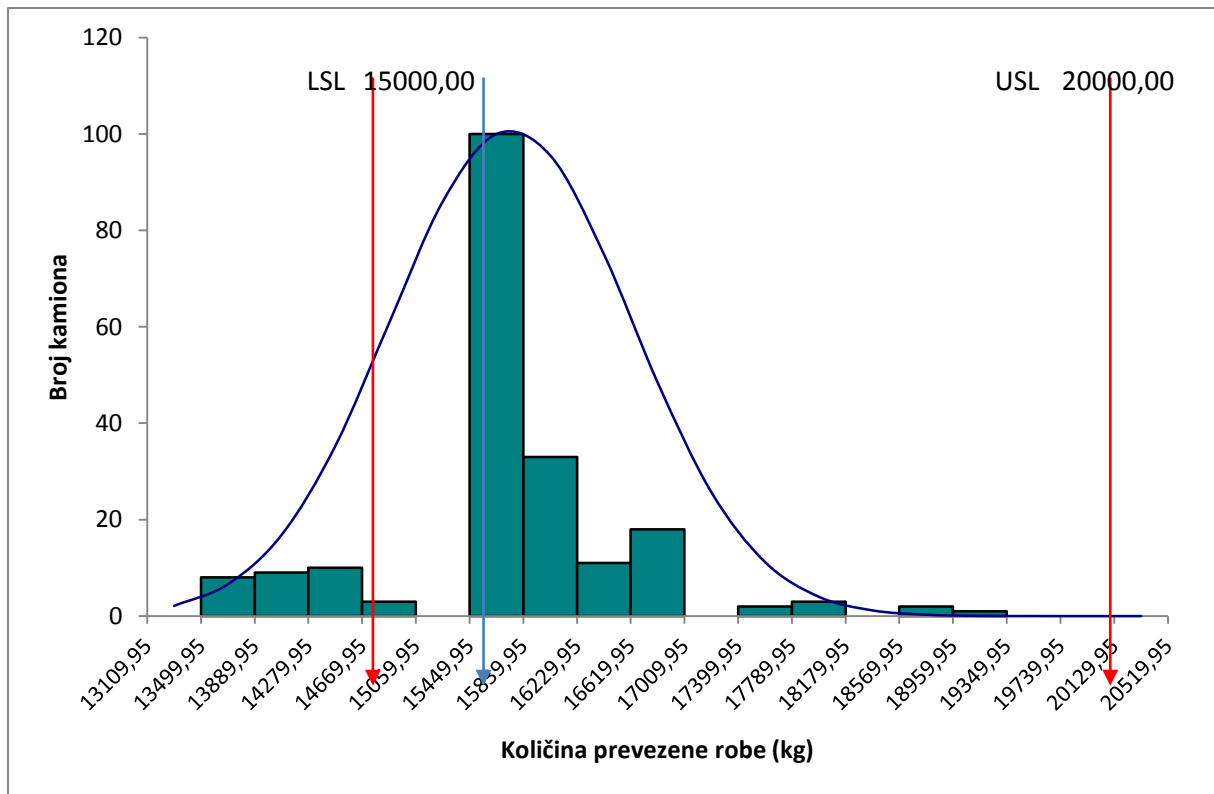
Iz grafa 7 je vidljivo da od 200 kamiona koji su u siječnju prevozili robu od proizvodnje do LDC-a, njih 30 nije prevezlo više od 15 tona. Razina sigme u tom slučaju je 2,54. Ova razina sigme znači da je u 15% prijevoza tijekom siječnja 2015. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

U veljači 2015. razina sigme prvo je računata sa donjom granicom tolerancije od 17340 kg. U tom slučaju 8 kamiona prevozilo je više od toga, te je sigma 0,25. Ova razina sigme znači da je u 4% prijevoza tijekom veljače 2015. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Nakon toga, u sljedećoj analizi za donju granicu tolerancije uzeto je 19000 kg. Niti jedan kamion nije prevezio preko 19000kg što znači da je sigma 0.

Na sljedećem grafu je prikazana analiza nakon što je donja granica postavljena na 15000 kg.





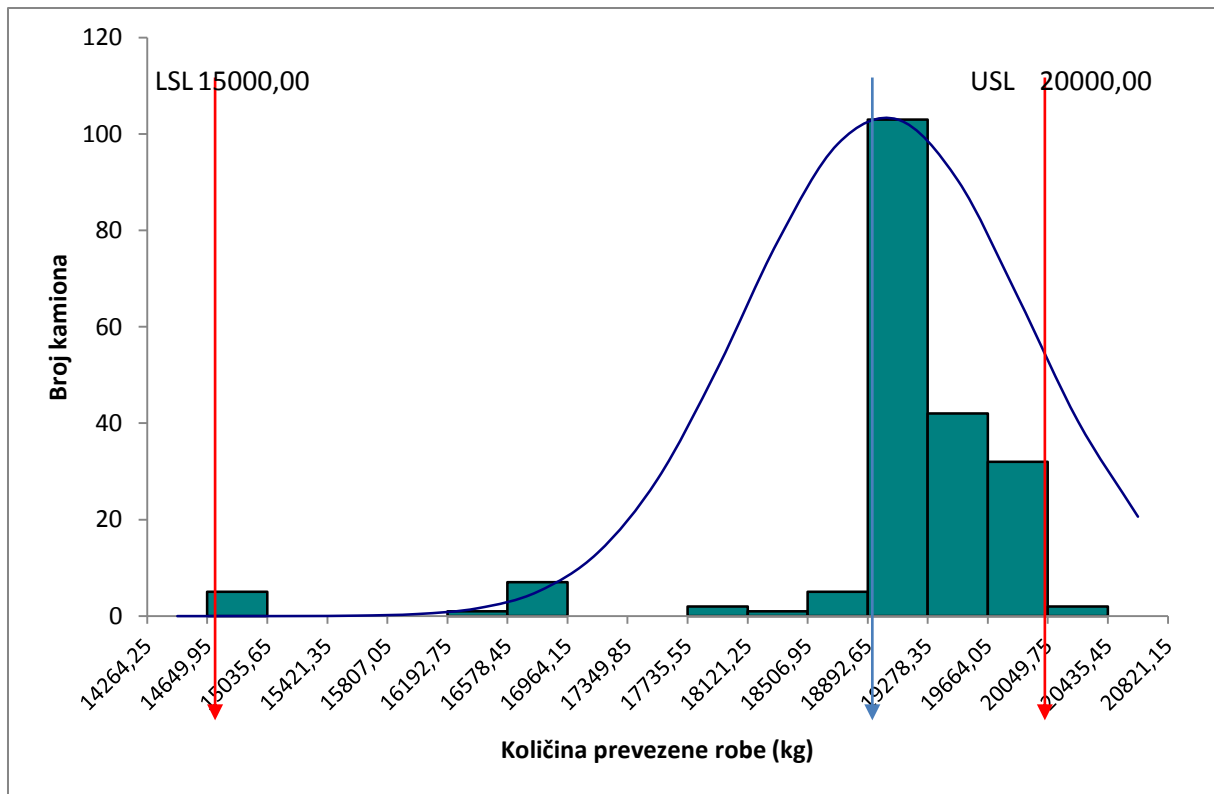
**Graf 8. Prikaz razine sigme u veljači 2015. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg**

Iz grafa 8 je vidljivo da od 200 kamiona koji su u veljači prevozili robu od proizvodnje do LDC-a, njih 30 nije prevezlo više od 15 tona. Razina sigme u tom slučaju je 2,54. Ova razina sigme znači da je u 75% prijevoza tijekom veljače 2015. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

U ožujku 2015. razina sigme prvo je računata sa donjom granicom tolerancije od 17340 kg. U tom slučaju 188 kamiona prevozilo je više od toga, te je sigma 3,01. Ova razina sigme znači da je u 94% prijevoza tijekom ožujka 2015. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Nakon toga, u sljedećoj analizi za donju granicu tolerancije uzeto je 19000 kg. 79 kamiona je prevozilo preko 19000kg što znači da je sigma 1,25. Ova razina sigme znači da je u 39% prijevoza tijekom ožujka 2015. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Na sljedećem grafu je prikazana analiza nakon što je donja granica postavljena na 15000 kg.



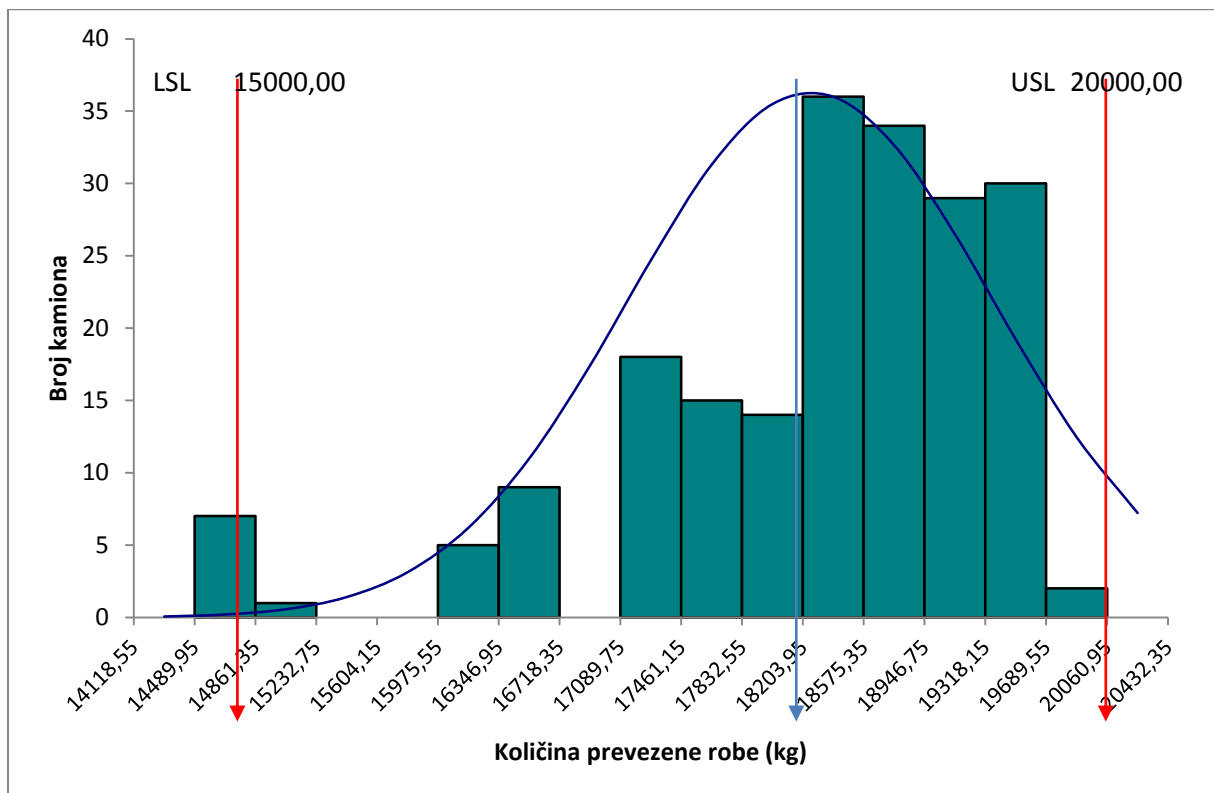
**Graf 9. Prikaz razine sigme u ožujku 2015. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg**

Iz grafa 9 je vidljivo da od 200 kamiona koji su u ožujku prevozili robu od proizvodnje do LDC-a, njih 5 nije prevezlo više od 15 tona. Razina sigme u tom slučaju je 3,46. Ova razina sigme znači da je u 97,5% prijevoza tijekom ožujka 2015. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

U travnju 2015. razina sigme prvo je računata sa donjom granicom tolerancije od 17340 kg. U tom slučaju 168 kamiona prevozilo je više od toga, te je sigma 2,49. Ova razina sigme znači da je u 84% prijevoza tijekom travnja 2015. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Nakon toga, u sljedećoj analizi za donju granicu tolerancije uzeto je 19000 kg. 32 kamiona je prevozilo preko 19000kg što znači da je sigma 0,51. Ova razina sigme znači da je u 16% prijevoza tijekom travnja 2015. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Na sljedećem grafu je prikazana analiza nakon što je donja granica postavljena na 15000 kg.



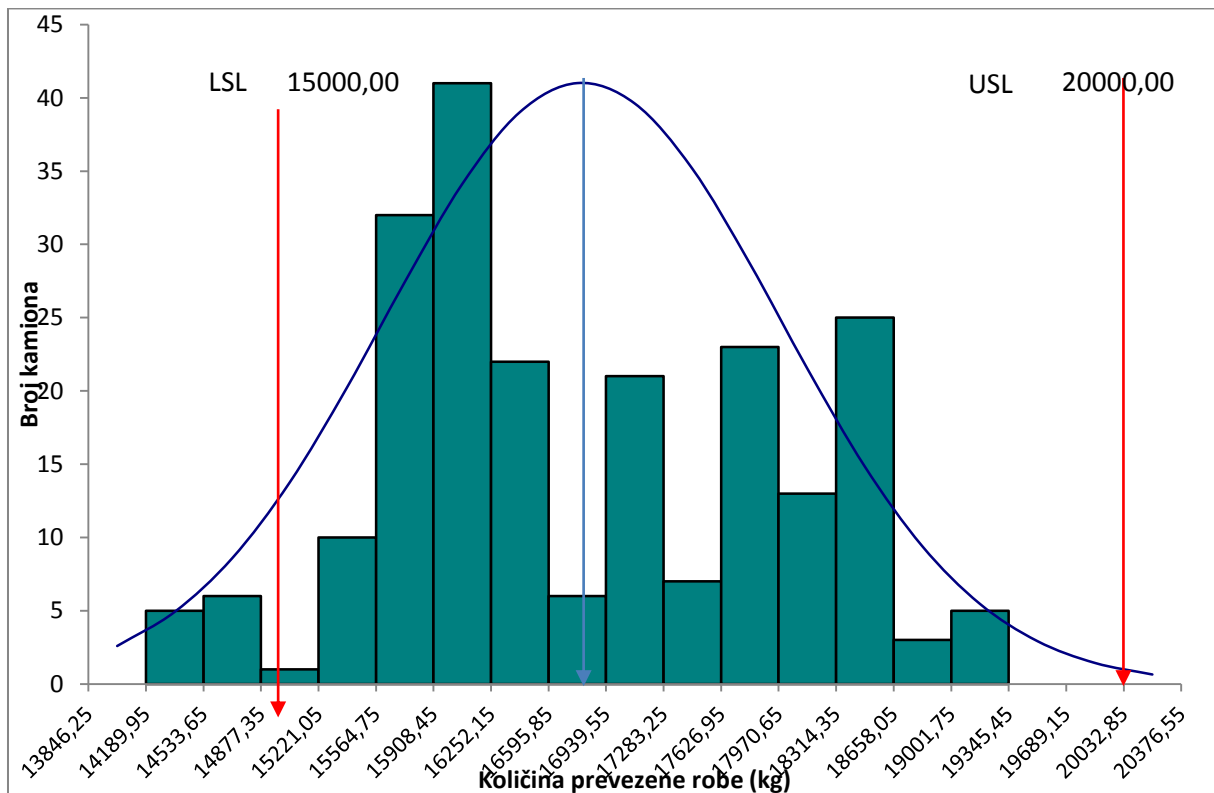
**Graf 10. Prikaz razine sigme u travnju 2015. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg**

Iz grafa 10 je vidljivo da od 200 kamiona koji su u travnju prevozili robu od proizvodnje do LDC-a, njih 8 nije prevezlo više od 15 tona. Razina sigme u tom slučaju je 3,25. Ova razina sigme znači da je u 96% prijevoza tijekom travnja 2015. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

U svibnju 2015. razina sigme prvo je računata sa donjom granicom tolerancije od 17340 kg. U tom slučaju 72 kamiona prevozilo je više od toga, te je sigma 1,05. Ova razina sigme znači da je u 32% prijevoza tijekom svibnja 2015. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Nakon toga, u sljedećoj analizi za donju granicu tolerancije uzeto je 19000 kg. 5 kamiona je prevozilo preko 19000kg što znači da je sigma 0,5. Ova razina sigme znači da je u 2,2% prijevoza tijekom svibnja 2015. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Na sljedećem grafu je prikazana analiza nakon što je donja granica postavljena na 15000 kg.



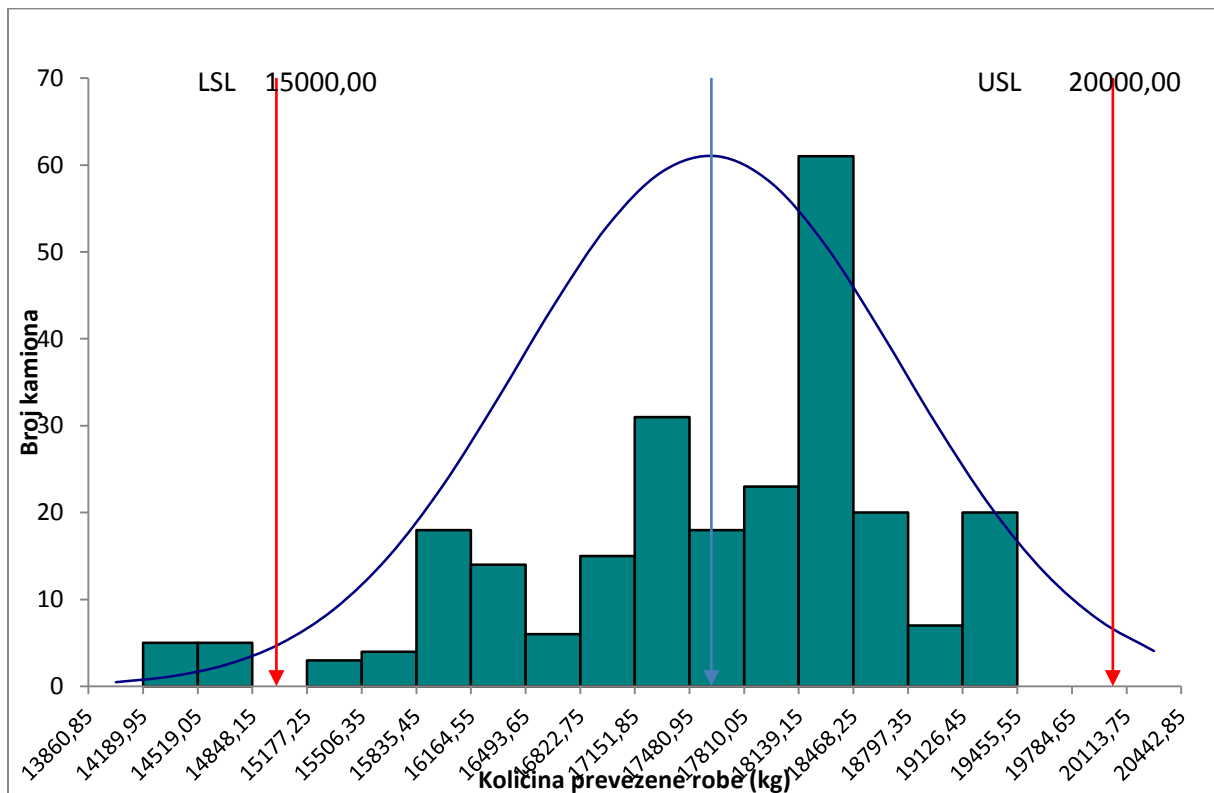
**Graf 11. Prikaz razine sigme u svibnju 2015. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg**

Iz grafa 11 je vidljivo da od 220 kamiona koji su u svibnju prevozili robu od proizvodnje do LDC-a, njih 12 nije prevezlo više od 15 tona. Razina sigme u tom slučaju je 3,1. Ova razina sigme znači da je u 94,6% prijevoza tijekom svibnja 2005. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

U lipnju 2015. razina sigme prvo je računata sa donjom granicom tolerancije od 17340 kg. U tom slučaju 165 kamiona prevozilo je više od toga, te je sigma 1,91. Ova razina sigme znači da je u 66% prijevoza tijekom lipnja 2015. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Nakon toga, u sljedećoj analizi za donju granicu tolerancije uzeto je 19000 kg. 23 kamiona je prevozilo preko 19000kg što znači da je sigma 0,17. Ova razina sigme znači da je u 9,2% prijevoza tijekom lipnja 2015. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Na sljedećem grafu je prikazana analiza nakon što je donja granica postavljena na 15000 kg.



**Graf 12. Prikaz razine sigme u lipnju 2015. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg**

Iz grafa 12 je vidljivo da od 250 kamiona koji su u lipnju prevozili robu od proizvodnje do LDC-a, njih 10 nije prevezlo više od 15 tona. Razina sigme u tom slučaju je 3,25. Ova razina sigme znači da je u 96% prijevoza tijekom lipnja 2015. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

#### 5.4. Analiza popunjenosti vozila za 2016. godinu

U prvih šest mjeseci 2016. godine ukupna prevezena količina robe iznosila je 22960 tona. Za prijevoz te količine robe iz proizvodnje u LDC kamioni su putovali 1289 puta što je prosjek od 17812 kg robe po kamionu.

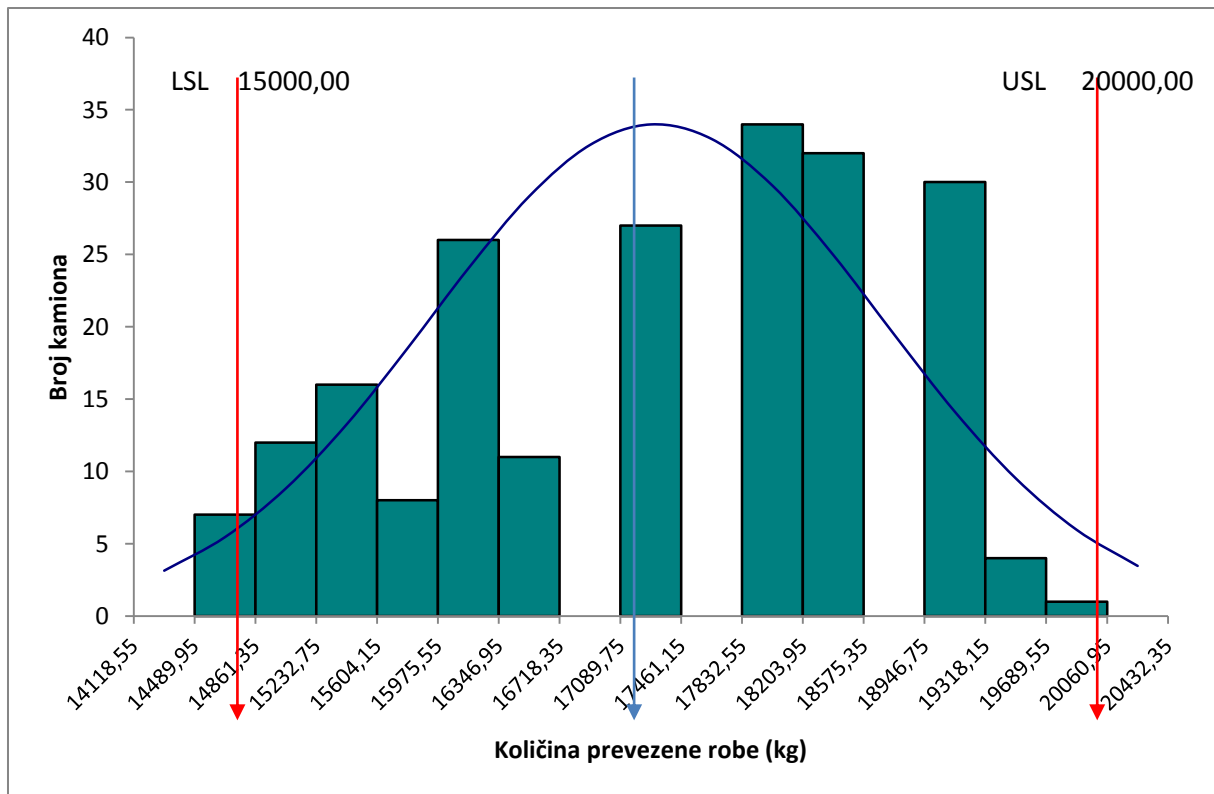
**Tablica 4. Podaci o popunjenosti vozila za 2016. godinu**

	Siječanj	Veljača	Ožujak	Travanj	Svibanj	Lipanj	Ukupno
Ukupna količina prevezene robe (t)	3600000	3200000	3860000	3800000	4000000	4500000	22960000
Broj prijevoznih tura između proizvodnje i LDC-a	208	204	205	202	220	250	1289
Prosječna prevezena količina robe po kamionu (kg)	17307	15686	18829	18811	18181	18000	17812
Najmanja prevezena količina	14490	13500	14650	14790	14650	14190	13500
Najveća prevezena količina	19690	18960	20050	20070	20075	20035	20075
Razina sigme (17340)	1,46	0,26	2,71	2,81	2,29	2,23	1,89
Razina sigme (19000)	0,42	0	1,10	1,17	0,85	0,40	0,68
Razina sigme (15000)	3,25	2,99	3,47	3,20	3,19	3,25	3,21

U siječnju 2016. razina sigme prvo je računata sa donjom granicom tolerancije od 17340 kg. U tom slučaju 101 kamion prevezio je više od toga, te je sigma 1,46. Ova razina sigme znači da je u 48% prijevoza tijekom siječnja 2016. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Nakon toga, u sljedećoj analizi za donju granicu tolerancije uzeto je 19000 kg. 29 kamiona je prevezilo preko 19000kg što znači da je sigma 0,42. Ova razina sigme znači da je u 13% prijevoza tijekom siječnja 2016. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Na sljedećem grafu je prikazana analiza nakon što je donja granica postavljena na 15000 kg.



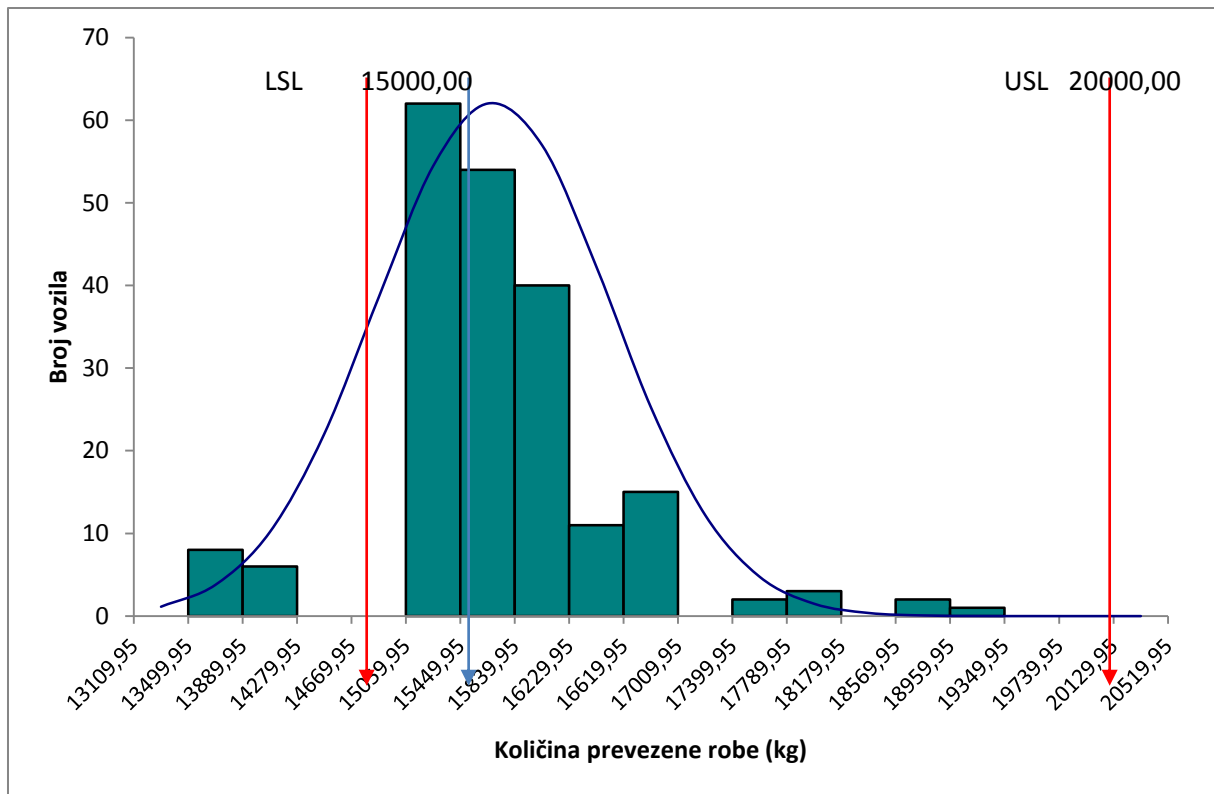
**Graf 13. Prikaz razine sigme u siječnju 2016. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg**

Iz grafa 13 je vidljivo da od 208 kamiona koji su u siječnju prevozili robu od proizvodnje do LDC-a, njih 8 nije prevezlo više od 15 tona. Razina sigme u tom slučaju je 3,25. Ova razina sigme znači da je u 96,2% prijevoza tijekom siječnja 2016. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

U veljači 2016. razina sigme prvo je računata sa donjom granicom tolerancije od 17340 kg. U tom slučaju 8 kamiona prevozilo je više od toga, te je sigma 0,26. Ova razina sigme znači da je u 3,9% prijevoza tijekom veljače 2016. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Nakon toga, u sljedećoj analizi za donju granicu tolerancije uzeto je 19000 kg. Niti jedan kamion nije prevezio preko 19000kg što znači da je sigma 0.

Na sljedećem grafu je prikazana analiza nakon što je donja granica postavljena na 15000 kg.



**Graf 14. Prikaz razine sigme u veljači 2016. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg**

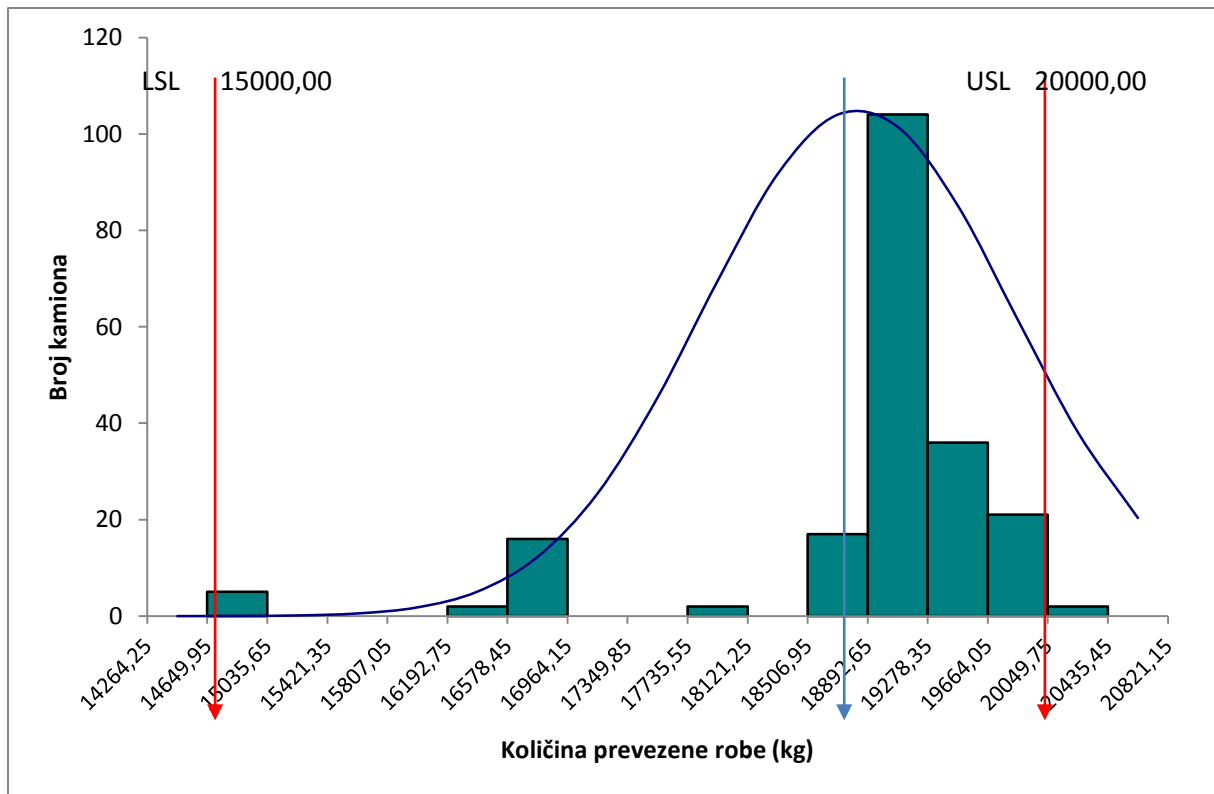
Iz grafa 14 je vidljivo da od 204 kamiona koji su u veljači prevozili robu od proizvodnje do LDC-a, njih 14 nije prevezlo više od 15 tona. Razina sigme u tom slučaju je 2,99. Ova razina sigme znači da je u 93,2% prijevoza tijekom veljače 2016. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

U ožujku 2016. razina sigme prvo je računata sa donjom granicom tolerancije od 17340 kg. U tom slučaju 182 kamion prevezio je više od toga, te je sigma 2,71. Ova razina sigme znači da je u 88% prijevoza tijekom ožujka 2016. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Nakon toga, u sljedećoj analizi za donju granicu tolerancije uzeto je 19000 kg. 71 kamiona je prevezilo preko 19000kg što znači da je sigma 1,1. Ova razina sigme znači da je u 34% prijevoza tijekom ožujka 2016. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Na sljedećem grafu je prikazana analiza nakon što je donja granica postavljena na 15000 kg.





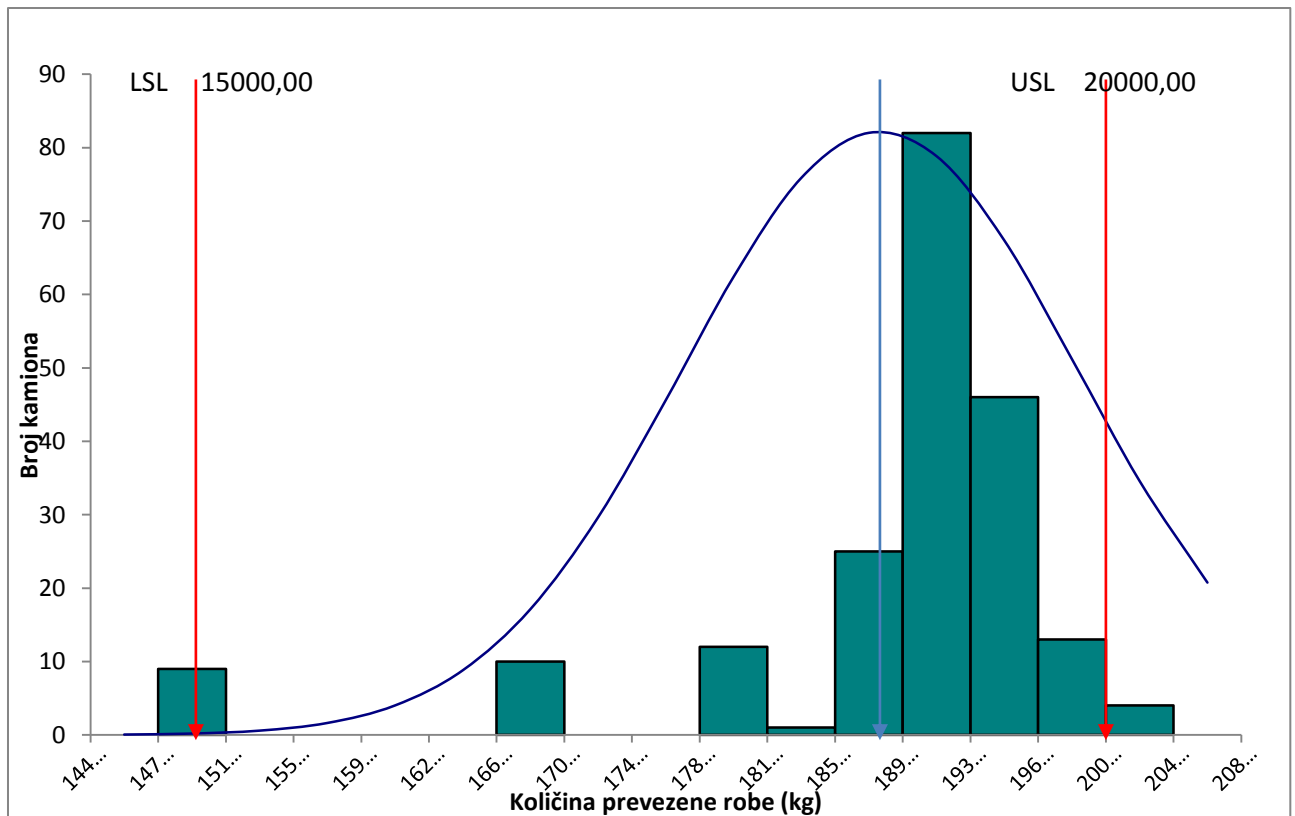
**Graf 15. Prikaz razine sigme u ožujku 2016. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg**

Iz grafa 15 je vidljivo da od 205 kamiona koji su u ožujku prevozili robu od proizvodnje do LDC-a, njih 5 nije prevezlo više od 15 tona. Razina sigme u tom slučaju je 3,47. Ova razina sigme znači da je u 97,6% prijevoza tijekom ožujka 2016. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

U travnju 2016. razina sigme prvo je računata sa donjom granicom tolerancije od 17340 kg. U tom slučaju 183 kamiona prevezio je više od toga, te je sigma 2,81. Ova razina sigme znači da je u 90% prijevoza tijekom travnja 2016. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Nakon toga, u sljedećoj analizi za donju granicu tolerancije uzeto je 19000 kg. 75 kamiona je prevezilo preko 19000kg što znači da je sigma 1,71. Ova razina sigme znači da je u 37% prijevoza tijekom travnja 2016. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Na sljedećem grafu je prikazana analiza nakon što je donja granica postavljena na 15000 kg.



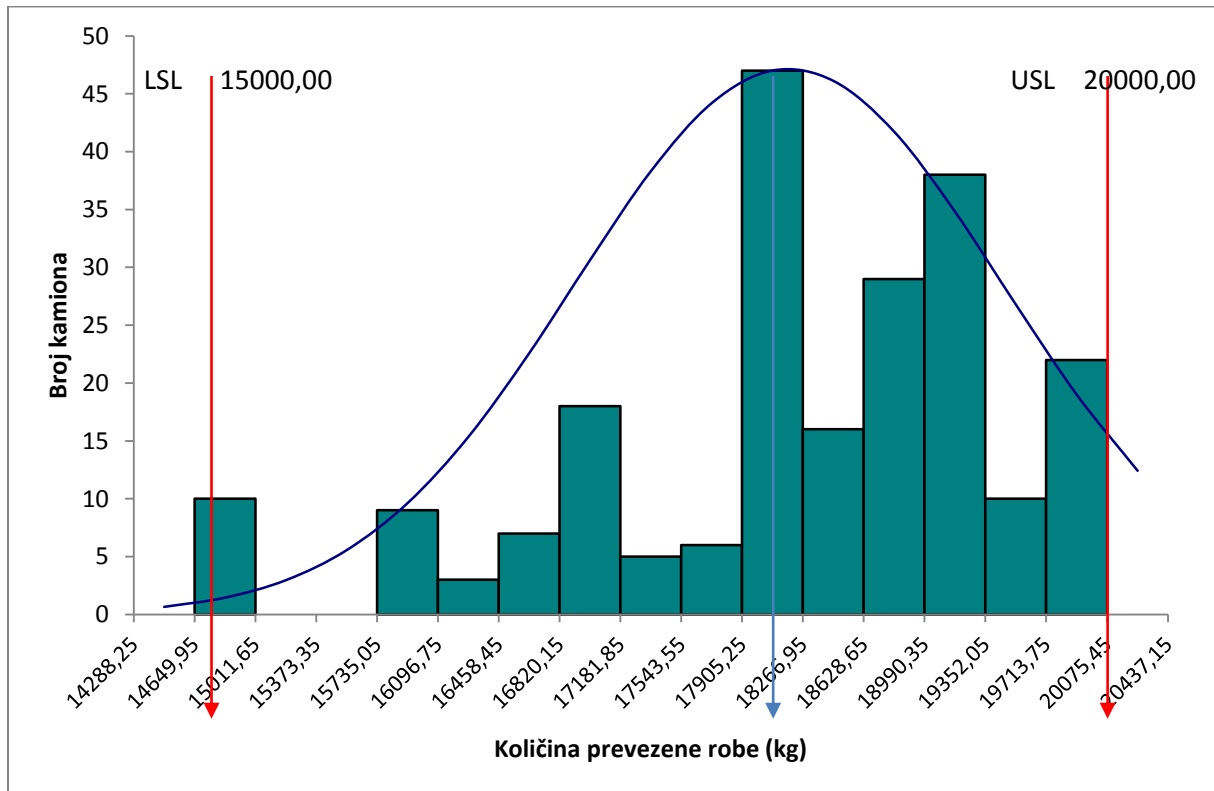
**Graf 16. Prikaz razine sigme u travnju 2016. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg**

Iz grafa 16 je vidljivo da od 202 kamiona koji su u travnju prevozili robu od proizvodnje do LDC-a, njih 9 nije prevezlo više od 15 tona. Razina sigme u tom slučaju je 3,2. Ova razina sigme znači da je u 95,6% prijevoza tijekom travnja 2016. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

U svibnju 2016. razina sigme prvo je računata sa donjom granicom tolerancije od 17340 kg. U tom slučaju 168 kamiona prevezio je više od toga, te je sigma 2,29. Ova razina sigme znači da je u 76% prijevoza tijekom svibnja 2016. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Nakon toga, u sljedećoj analizi za donju granicu tolerancije uzeto je 19000 kg. 57 kamiona je prevezilo preko 19000kg što znači da je sigma 0,85. Ova razina sigme znači da je u 25% prijevoza tijekom svibnja 2016. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Na sljedećem grafu je prikazana analiza nakon što je donja granica postavljena na 15000 kg.



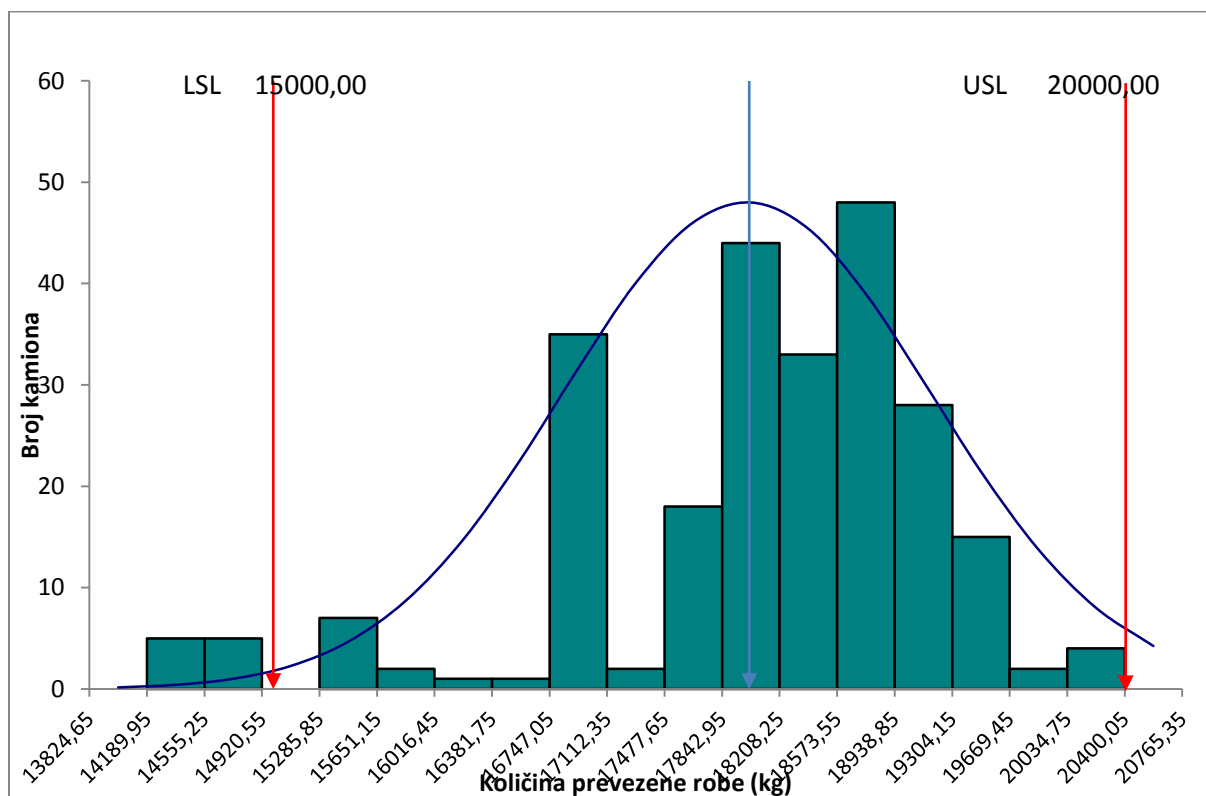
**Graf 17. Prikaz razine sigme u svibnju 2016. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg**

Iz grafa 17 je vidljivo da od 220 kamiona koji su u svibnju prevozili robu od proizvodnje do LDC-a, njih 10 nije prevezlo više od 15 tona. Razina sigme u tom slučaju je 3,19. Ova razina sigme znači da je u 95,5% prijevoza tijekom svibnja 2016. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

U lipnju 2016. razina sigme prvo je računata sa donjom granicom tolerancije od 17340 kg. U tom slučaju 192 kamiona prevezio je više od toga, te je sigma 2,23. Ova razina sigme znači da je u 76% prijevoza tijekom lipnja 2016. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Nakon toga, u sljedećoj analizi za donju granicu tolerancije uzeto je 19000 kg. 34 kamiona je prevezilo preko 19000kg što znači da je sigma 0,4. Ova razina sigme znači da je u 13% prijevoza tijekom lipnja 2016. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Na sljedećem grafu je prikazana analiza nakon što je donja granica postavljena na 15000 kg.



**Graf 18. Prikaz razine sigme u lipnju 2016. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg**

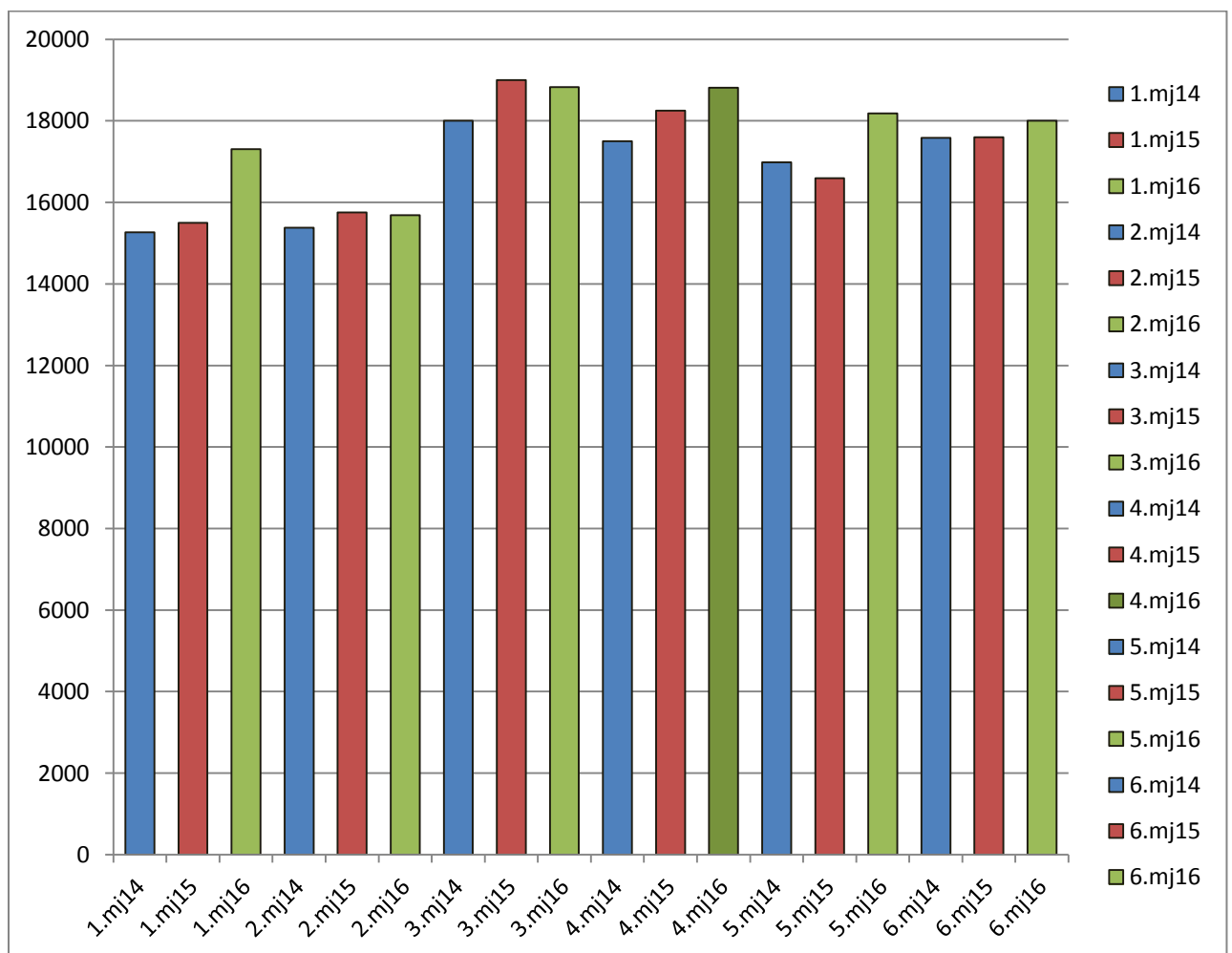
Iz grafa 18 je vidljivo da od 250 kamiona koji su u svibnju prevozili robu od proizvodnje do LDC-a, njih 10 nije prevezlo više od 15 tona. Razina sigme u tom slučaju je 3,25. Ova razina sigme znači da je u 96% prijevoza tijekom lipnja 2016. popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

## 6. Prikaz rezultata primjene Šest sigma metodologije u upravljanju voznim parkom

Nakon završene analize za prvih šest mjeseci 2014., 2015. te 2016. godine može se vidjeti da su prvi mjeseci u godini, prvenstveno siječanj i veljača, najslabiji mjeseci, točnije najmanja količina robe se preveze u to vrijeme. Izuzev siječnja 2016., svaki analizirani prvi i drugi mjesec u godini imao je razinu sigme manju od 3.

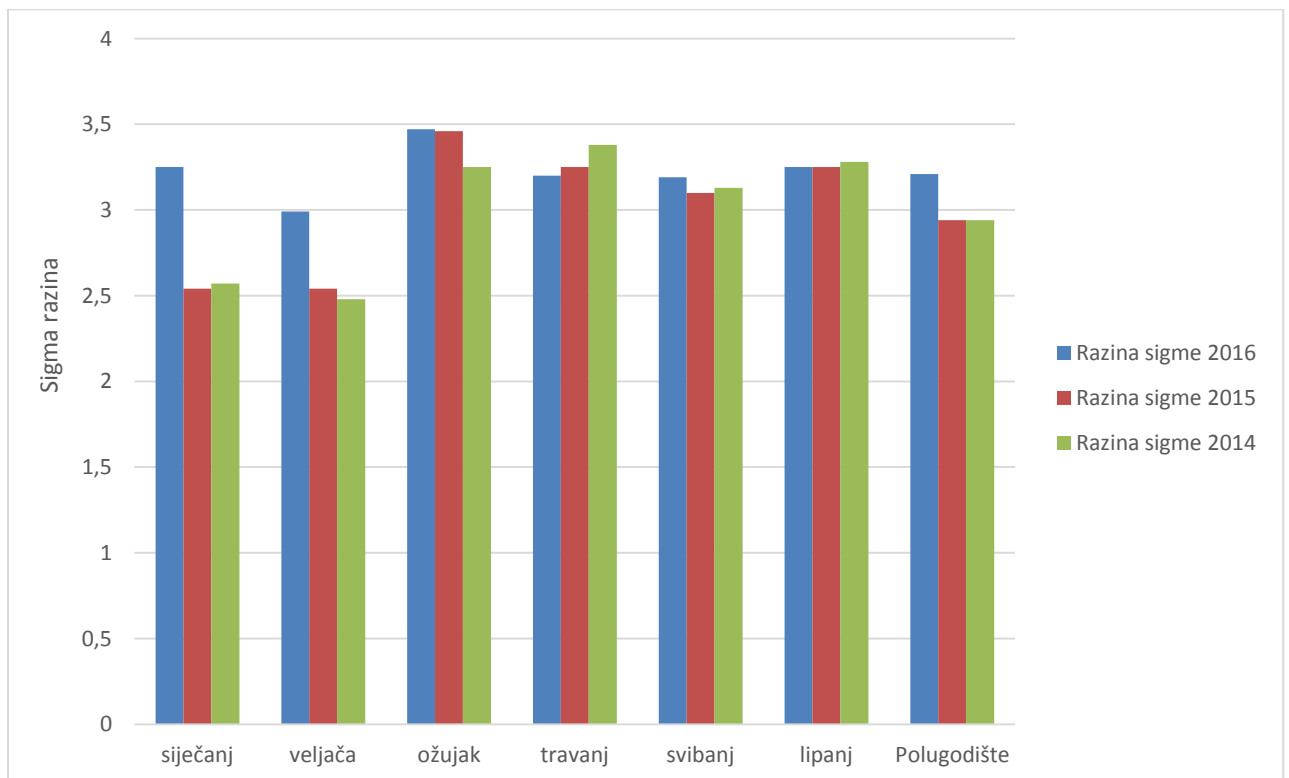
Još jedna stvar koja je očigledna nakon analize je ta da se za svaku godinu povećava količina prevezene robe. Od 2014. do 2016. količina robe porasla je za preko 2000 tona.

Na grafu 19 prikazana je količina robe za svaki mjesec za sve tri godine. Crvenom bojom prikazane su količine za 2014. godinu, žutom za 2015. godinu, te zelenom za 2016. godinu. Jasno je vidljivo da narudžbe robe rastu iz godine u godinu.



Graf 19. Prikaz prevezene količine robe po mjesecima

Nadalje, na grafu 20 prikazane su razine sigme po mjesecima za svaku godinu kao i ukupna razina sigme za prvih šest mjeseci u godini. Referentna razina sigme koja je prikazana odnosi se na proračun sigme uz prihvatljive granice tolerancije od 15 do 20 tona. Donja granica tolerancije od 15 tona uzeta je prema kriteriju rentabilnosti prijevoza dobivenog od strane tvrtke.



**Graf 20. Razina sigme prikazana po mjesecima**

U 2014. godini razina sigme za svih šest mjeseci iznosi 2,94. Od 1239 kamiona koji su prevozili 20850 tona robe u promatranom razdoblju njih 93 nisu prevozila 15 ili više tona. Ova razina sigme znači da je u 92,5% prijevoza popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

U 2015. godini razina sigme za svih šest mjeseci iznosi 2,94. Od 1270 kamiona koji su prevozili 22050 tona robe u promatranom razdoblju njih 95 nisu prevozila 15 ili više tona. Ova razina sigme znači da je u 92,6% prijevoza popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

U 2016. godini razina sigme za svih šest mjeseci iznosi 3,21. Od 1289 kamiona koji su prevozili 22960 tona robe u promatranom razdoblju njih 56 nisu prevozila 15 ili

više tona. Ova razina sigme znači da je u 95,7% prijevoza popunjenost vozila bila unutar prihvatljive razine tolerancije.

Ono što se može zaključiti iz grafa 20 je da razina popunjenosti vozila tijekom 2014 i 2015 na polugodišnjoj razini podjednaka dok je razina popunjenosti vozila tijekom 2016 znatno veća (bolja). Iz toga se može pretpostaviti da je rentabilnost prijevoza tijekom 2016 znatno bolja no prethodnih godina.

Postoje neki scenariji koje treba razmotriti za buduća istraživanja. Može se postaviti pitanje što ako je za pojedini mjesec razina sigme 2. To bi značilo da je preko 30% kamiona prevezilo manje od željene količine. Tada se treba istražiti iz kojih je razloga došlo do takve situacije. Ukoliko je potrebna hitna isporuka za važnog kupca tada će se svaka tvrtka vjerojatno odlučiti za transport bez obzira na trenutnu (ne)isplativost zbog dugoročne koristi.

Ovisno o gabaritima robe nekada nije moguće samo pratiti popunjenost vozila po prevezenoj količini nego se u obzir treba uzeti da je kamion možda volumenski 100% ispunjen, ali je po nosivosti popunjen do pola. U tom slučaju nije dovoljan podatak samo o kilaži prevezene robe, nego treba pratiti i volumen.

Ukoliko se i trošak goriva ubaci u jednadžbu vidljivo je da je potrebna još detaljnija analiza. Primjerice, u slučaju da je kamion u prosjeku pun 16 tona, nije isto da li on putuje 70km ili 1500km. U drugom slučaju posebno do izražaja dolazi svaka prijevozna tura. U takvom primjeru pri računanju razine sigme uzelo bi se više faktora. Ne samo popunjenost prijevoznog sredstva nego i udaljenost na koju taj kamion putuje te bi u slučaju da kamion prema nosivosti nije popunjen da li je razlog tome taj što je volumenski popunjan.

Po ovom primjeru se vide sve raznolikosti i mogućnosti primjene metodologije šest sigma, što su podaci detaljniji i točniji to su i rezultati konkretniji te se na taj način bolje i učinkovitije prati svaki proces. Prikupljanje podataka i mjerenja procesa je dugotrajan proces te ne obećava brze rezultate, ali jednom kada se detektira problem praćenje postaje jednostavnije i na efikasan se način mogu ispravljati pogreške u procesima.

Kada se govori o nedostacima šest sigme jedna od najčešćih pogrešaka je ta da se želi brzo dobiti poboljšanje, a kod šest sigme to nije slučaj. Pri analiziranju procesa

nužno je točno i precizno mjerenje jer samo sa točnim podacima moguće je napraviti korisnu analizu, a ponekad je potrebno duže vrijeme prije nego se to ostvari.



## 7. Zaključak

Da bi se kvalitetno upravljalo voznim parkom potrebno je i kvalitetno obaviti procese koji tome prethode, na primjer planiranje, bilo transporta, zaliha ili proizvodnje. Također je bitno poznavanje stanja na tržištu. Ukoliko se govori o proizvodnji tada se pomoću tih informacija može optimirati popunjenost transportnih sredstava i poboljšati opskrbljenost trgovina.

Pri analiziranju vremena koje je vezano za početak i kraj transportnog puta treba obratiti pozornost na vrijeme procesa ukrcaja tereta, procesa prijevoza tereta i procesa iskrcaja tereta iz prijevoznog sredstva. Važni čimbenici su pokazatelji vremenske učinkovitosti prijevoznih sredstava, pokazatelji iskorištenja prijeđenog puta, pokazatelji iskorištenja kapaciteta prijevoznih sredstava te pokazatelji brzine kretanja prijevoznih sredstava.

Za svako poduzeće je veoma bitno da je konkurentno, da konstantno napreduje i da imaju zadovoljne korisnike ili kupce. Metodologija Šest sigma potiče korisnike da odrede cilj te da kroz edukaciju zaposlenika i analizu različitih procesa postignu smanjenje grešaka ili neuspjelih akcija te povećaju profit, te posljedično i konkurentost i snagu tvrtke.

U analiziranom razdoblju, prvih 6 mjeseci posljednje tri godine dobivena je razina od 3,02 sigme. Od 3798 kamiona koji su transportirali robu od proizvodnje do LDC-a, njih 244 ili 6,4% nije zadovoljilo, prevozili su manje od 15 tona. Prema Šest sigma skali rezultat od 3 sigme je prosječan, no budući da se ne radi o osnovnoj djelatnosti poduzeća, procjena je li to zadovoljavajuće ovisi o poslovnoj politici poduzeća.

Analizirati učinkovitost voznog parka na ovaj način je itekako moguće i u široj slici ostavlja dosta prostora za proširenje analize i primjene i na ostale procese u planiranju transporta i uopće u voznom parku. Moguće je računati isplativost transporta putem transportnih troškova. Ukoliko se prevozi roba većih gabarita potrebno je imati podatke o volumenu jer će biti slučaj kada će prema nosivosti kamion biti na 50%, ali će prema volumenu biti maksimalno popunjen.

U ovom slučaju je bilo najbitnije prikazati da li i u kojem postotku, odnosno razini sigme, posluje transportni sektor promatranog poduzeća. U krajnjoj liniji svako poduzeće mora provesti istraživanje isplativosti vlastitog voznog parka te da li bi se više isplatilo koristiti prijevozničke usluge od kompanije kojoj je to osnovna djelatnost.

S obzirom da je razina sigme malo preko tri, prostora za napredak svakako ima, vidljivo je da proizvodnja i količina prevezene robe svake godine raste. Uz kvalitetnije planiranje opskrbe moguće je povećati količinu prevezene robe po kamionu što bi posljedično moglo uzrokovati sa smanjenjem broja prijevoznih tura od proizvodnje do LDC-a.

## Literatura

1. Rogić, K., Autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, 2015.
2. Topenčarević Ljubomir, Organizacija i tehnologija drumskog transporta, Građevinska knjiga, Beograd, 1987.
3. Rogić, K.; Šutić, B.; Kolarić, G.: Methodology of introducing fleet management system
4. <http://www.cvh.hr/propisi-i-upute/pravilnici/zakon-o-sigurnosti-prometa-na-cestama/pravilnik-o-tehnickim-uvjetima-vozila-u-prometu-na-cestama> (pristupljeno 13.09.2016.)
4. Pašagić Škrinjar, J., Autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, 2015.
5. Protega, V.; Tehnologija cestovnog prometa; autorizirana predavanja iz kolegija Osnove tehnologije prometa, Fakultet prometnih znanosti, 2011.
6. Županović, I.: Tehnologija cestovnog prometa, Zagreb, Fakultet prometnih znanosti, 2012.
7. Stanković, R.; Problem usmjeravanja vozila: autorizirana predavanja iz kolegija Prijevozna logistika 2, Fakultet prometnih znanosti, 2015
8. [http://www.fpz.unizg.hr/tog/wp-content/uploads/2014/07/Mireo-CAD\\_prezentacija.pdf](http://www.fpz.unizg.hr/tog/wp-content/uploads/2014/07/Mireo-CAD_prezentacija.pdf) (pristupljeno 15.04.2015.)
9. [http://cirtt.unizg.hr/ea/wpcontent/uploads/2014/09/MireoCAD\\_FZOEU.pdf](http://cirtt.unizg.hr/ea/wpcontent/uploads/2014/09/MireoCAD_FZOEU.pdf) (pristupljeno 15.04.2015.)
10. <http://www.vidi.hr/Lifestyle/Business-3.0/Artronic-SkyTrack> (pristupljeno 25.08.2016.)
11. Holpp, L., Pande, P., Što je Šest sigma?, 2006.
12. Bass, I.: „Six sigma statistics with excel and Minitab“, McGraw Hill Professional, 2007.

13. <http://www.sixsigma.in/advantages-and-disadvantages-of-six-sigma.html>  
(pristupljeno 02.08.2016)
14. Božić, D., Autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, 2016.
15. Lazibat, T., Baković, T., Šest sigma sustav za upravljanje kvalitetom, Znanstveni rad, 2006.
16. Pyzdek, T.: „Six Sigma Handbook“, 2003.
17. Bass, I., Lawton, B.: „Lean Six Sigma“, 2009.

## **Popis slika**

Slika 1. Sustav održavanja voznog parka .....	5
Slika 2. Ručno određivanje ruta .....	13
Slika 3. Određivanje ruta sustavom Mireo CAD.....	13

## **Popis tablica**

Tablica 1. Razina sigme .....	19
Tablica 2. Podaci o popunjenosti vozila za 2014. godinu .....	26
Tablica 3. Podaci o popunjenosti vozila za 2015. godinu .....	33
Tablica 4. Podaci o popunjenosti vozila za 2016. godinu .....	40

## Popis grafova

Graf 1. Prikaz razine sigme za siječanj 2014. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg.....	27
Graf 2. Prikaz razine sigme za veljaču 2014. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg.....	28
Graf 3. Prikaz razine sigme u ožujku 2014. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg.....	29
Graf 4. Prikaz razine sigme u travnju 2014. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg.....	30
Graf 5. Prikaz razine sigme u svibnju 2014. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg.....	31
Graf 6. Prikaz razine sigme u lipnju 2014. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg.....	32
Graf 7. Prikaz razine sigme u siječnju 2015. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg.....	34
Graf 8. Prikaz razine sigme u veljači 2015. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg.....	35
Graf 9. Prikaz razine sigme u ožujku 2015. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg.....	36
Graf 10. Prikaz razine sigme u travnju 2015. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg.....	37
Graf 11. Prikaz razine sigme u svibnju 2015. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg.....	38
Graf 12. Prikaz razine sigme u lipnju 2015. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg.....	39
Graf 13. Prikaz razine sigme u siječnju 2016. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg.....	41
Graf 14. Prikaz razine sigme u veljači 2016. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg.....	42
Graf 15. Prikaz razine sigme u ožujku 2016. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg.....	43
Graf 16. Prikaz razine sigme u travnju 2016. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg.....	44

Graf 17. Prikaz razine sigme u svibnju 2016. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg.....	45
Graf 18. Prikaz razine sigme u lipnju 2016. u slučaju donje granice tolerancije od 15000 kg.....	46
Graf 19. Prikaz prevezene količine robe po mjesecima .....	47
Graf 20. Razina sigme prikazana po mjesecima .....	48





Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih  
znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj \_\_\_\_\_ diplomski rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu \_\_\_\_\_ diplomskog rada

pod naslovom **Primjena metodologije Šest sigma u upravljanju voznim parkom**

---

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, \_\_\_\_\_ 15.9.2016 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(potpis)

## METAPODACI

**Naslov rada: Primjena metodologije Šest sigma u upravljanju voznim parkom**

**Student: Vedran Tuđen**

**Mentor: doc. dr. sc. Ratko Stanković**

**Naslov na drugom jeziku (engleski): Applying Six sigma methodology in Fleet management**

**Povjerenstvo za obranu:**

- prof. dr. sc. Jasmina Pašagić Škrinjar      predsjednik
- doc. dr. sc. Ratko Stanković                  mentor
- doc. dr. sc. Diana Božić                      član
- prof. dr. sc. Mario Šafran                      zamjena

**Ustanova koja je dodijelila akademski stupanj:** Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

**Zavod: Zavod za transportnu logistiku**

**Vrsta studija:** diplomski

**Studij: ITS i logistika**

**Datum obrane diplomskog rada:** 27.09.2016

**Napomena:** pod datum obrane diplomskog rada navodi se prvi definirani datum roka obrane.