

# OPTIMIZACIJA UPRAVLJANJA ZALIHAMA DOBAVLJAČKIH LANACA

---

Žic, Samir

Doctoral thesis / Disertacija

2014

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Engineering / Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:190:386833>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported / Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 3.0](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-06**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Engineering](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
TEHNIČKI FAKULTET

Samir Žic

**OPTIMIZACIJA UPRAVLJANJA  
ZALIHAMA DOBAVLJAČKIH LANACA**

DOKTORSKI RAD

Rijeka, 2014.



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
TEHNIČKI FAKULTET

Samir Žic

**OPTIMIZACIJA UPRAVLJANJA  
ZALIHAMA DOBAVLJAČKIH LANACA**

DOKTORSKI RAD

Mentor: prof. dr. sc. Tonči Mikac

Rijeka, 2014.

UNIVERSITY OF RIJEKA  
FACULTY OF ENGINEERING

Samir Žic

**INVENTORY MANAGEMENT  
OPTIMIZATION IN SUPPLY CHAINS**

DOCTORAL THESIS

Rijeka, 2014.

Mentor rada: prof. dr. sc. Tonči Mikac

Doktorski rad obranjen je dana \_\_\_\_\_ na Tehničkom fakultetu Sveučilišta u Rijeci pred povjerenstvom u sastavu:

1. prof. dr. sc. Mladen Perinić, dipl. ing., Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci, predsjednik Povjerenstva,
2. prof. dr. sc. Ivica Veža, dipl. ing., Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Splitu, član Povjerenstva,
3. prof. dr. sc. Tonči Mikac, dipl. ing., Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci, član Povjerenstva, mentor.

Sveučilište u Rijeci  
**TEHNIČKI FAKULTET**  
-Fakultetsko vijeće-  
Klasa: 602-04/07-02/4  
Ur. br.: 2170-57-43-07-22  
Rijeka, 03. prosinca 2007.

Fakultetsko vijeće Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, na svojoj 4. (4.) u akad. god. 2007./08./09./10., održanoj 30. studenog 2007., donijelo je sljedeću

## ODLUKU

Sukladno izvješću Stručnog povjerenstva, u sastavu: red. prof. dr. sc. Tonči Mikac, dipl. ing., doc. dr. sc. Milan Ikonić, dipl. ing., izv. prof. dr. sc. Marija Kaštelan-Mrak, dipl. oec. (Ekonomski fakultet Rijeka), prihvaća se tema doktorskog rada pristupnika *Samira Žica, dipl. ing. strojarstva* pod radnim naslovom: „*Optimizacija procesa nabave u trgovačkim društvima*“.

Mentorom se imenuje red. prof. dr. sc. Tonča Mikca, dipl. ing. a komentorom doc. dr. sc. Milana Ikonića, dipl. ing.



Dekan

Red. prof. dr. sc. Tonči Mikac, dipl. ing.

### Dostaviti:

1. Samir Žic, dipl. ing.
2. Mentor, red. prof. dr. sc. Tonči Mikac
3. Komentor, doc. dr. sc. Milan Ikonić
4. Služba studentske evidencije, ovdje
5. Pismohrana FV, ovdje

Sveučilište u Rijeci  
TEHNIČKI FAKULTET  
Fakultetsko vijeće

KLASA: 030-09/13-01/8  
URBROJ: 2170-57-01-13-14  
Rijeka, 19. srpnja 2013.

Fakultetsko vijeće Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, na svojoj 11. sjednici u ak. god. 2012./13., održanoj 19. srpnja 2013., donijelo je sljedeću

#### ODLUKU

Temeljem prijedloga mentora doktorskog rada, prof. dr. sc. Tončija Mikca, vrši se **promjena naslova** doktorskog rada Samira Žica, dipl. ing. *Optimizacija procesa nabave u trgovačkim društvima* u naslov *Optimizacija upravljanja zalihama dobavljačkih lanaca*.

 Dekan  
Prof. dr. sc. Goran Turkalj

Dostaviti:

- 1.) Prof. dr. sc. Tonči Mikac
- 2.) Samir Žic, dipl. ing.
- 3.) Služba studentske evidencije
- 4.) Pismohrana Fv



Sveučilište u Rijeci  
TEHNIČKI FAKULTET  
Fakultetsko vijeće

KLASA: 030-09/13-01/11  
URBROJ: 2170-57-01-13-11  
Rijeka, 29. studenog 2013.

Fakultetsko vijeće Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, na svojoj 2. sjednici u ak. god. 2013./14., održanoj 29. studenog 2013., donijelo je sljedeću

#### ODLUKU

Temeljem osobne zamolbe Samira Žica i prijedloga mentora prof. dr. sc. Tončija Mikca, predlaže se imenovanje prof. dr. sc. Tončija Mikca mentorom doktorskog rada Samira Žica, dipl. ing., umjesto dosadašnjih mentora prof. dr. sc. Tončija Mikca i prof. dr. sc. Milana Ikonića.



Dekan

Prof. dr. sc. Goran Turkalj

Dostaviti:

- 1.) Prof. dr. sc. Tonči Mikac
- 2.) Prof. dr. sc. Milan Ikonić
- 3.) Samir Žic, dipl. ing.
- 4.) Služba studentske evidencije
- 5.) Pismohrana Fv

# SAŽETAK

U ovom doktorskom radu razvijena je integralna metoda optimalnog upravljanja zalihama modernih dobavljačkih lanaca. Klasificirani su utjecajni čimbenici sustava upravljanja zalihama i to: model potražnje za proizvodima, sinkroniziranost radnog vremena, takt dobave proizvoda, minimalna veličina narudžbe i stav poslovnog sustava prema nedostatku traženih proizvoda. Temeljem klasificiranih čimbenika sustava upravljanja zalihama, određeni su čimbenici kvantifikacije pokazatelja sustava upravljanja zalihama i to: minimalan potreban broj dobava, prosječna veličina dobave, prosječna dnevna razina zaliha, koeficijent efekta biča, rizik naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda, propuštena prodaja, troškovi sustava upravljanja zalihama bez popusta i troškovi sustava upravljanja zalihama s popustima.

Novorazvijena metoda optimalnog upravljanja zalihama dobavljačkih lanaca dokazana je na 960 simulacijskih eksperimenata sustava upravljanja zalihama kojima su potvrđene sve tri hipoteze odnosno, (I) odabir strategije upravljanja zalihama dobavljačkog lanca može značajno utjecati na poslovne pokazatelje dobavljačkog lanca s potencijalno velikim prednostima prilikom odabira optimalne strategije, (II) da će se uz jednaku prosječnu potražnju, povećanjem kaotičnosti potražnje povećati i opterećenje sustava upravljanja zalihama i dobavljačkog lanca u cijelosti, te (III) da postojeći modeli, jednadžbe i algoritmi za određivanje potrebnih zaliha nisu dovoljno točni čime se smanjuje učinkovitost i povećavaju troškovi dobavljačkog lanca vezani za upravljanje zalihama.

# SUMMARY

An integral method for optimal modern supply chain management has been developed in this thesis. Influential factors of supply chain management have been classified as: model of product demand, synchronicity of working time, delivery time, minimal order quantity and implementation of backlogging procedures. Based on classified factors of inventory management, quantified factors of inventory management have been determined as: minimal number of deliveries, average size of delivery, average inventory level, coefficient of bullwhip effect, risk of delivery of backlogged products, lost sales, inventory management costs without discounts and inventory management costs with discounts.

The new method of optimal inventory management in supply chains has been tested on 960 simulation experiments of inventory management system which confirmed all three hypotheses: (I) selection of supply chain inventory management strategy can have a significant influence on business performance indicators of the supply chain with potentially significant benefits when choosing an optimal strategy, (II) with the same average demand, increased demand uncertainty will increase the load on inventory management system and supply chain as a whole and (III) existing models, equations and algorithms for determining required inventory levels are not sufficiently accurate thereby, by using them companies risk reduced efficiency and increased supply chain costs related to inventory management.

# KLJUČNE RIJEČI

Ključne riječi:

- Upravljanje zalihama
- Upravljanje dobavljačkim lancima
- Simulacijski eksperiment
- Logistika
- (R, s, S) model upravljanja zalihama
- Efekt biča

Keywords:

- Inventory management
- Supply chain management
- Simulation experiment
- Logistics
- (R, s, S) inventory policy
- Bullwhip effect

# SADRŽAJ

SAŽETAK .....	I
SUMMARY .....	II
KLJUČNE RIJEČI .....	III
SADRŽAJ .....	IV
1. UVOD .....	1
1. 1. Svrha i ciljevi istraživanja .....	1
1. 2. Metodologija istraživanja .....	5
1. 3. Očekivani doprinos istraživanja .....	5
1. 4. Primjena rezultata istraživanja .....	5
1. 5. Hipoteze rada .....	5
2. DOBAVLJAČKI LANCI .....	6
2. 1. Razvoj dobavljačkih lanaca .....	6
2. 1. 1. Povijesni počeci dobavljačkih lanaca .....	9
2. 1. 2. Veze i modeli suradnje u dobavljačkim lancima .....	10
2. 1. 3. Elektronička razmjena podataka .....	13
2. 1. 4. Razvoj zajedničkog planiranja u dobavljačkim lancima .....	14
2. 1. 5. Problemi u dobavljačkim lancima .....	15
2. 1. 6. Međusobno natjecanje dobavljačkih lanaca .....	16
2. 2. Logistika dobavljačkih lanaca .....	17
2. 2. 1. Logistički kompromisi i povratna logistika .....	19
2. 2. 2. Upravljanje transportom .....	20
2. 2. 3. Distribucija i planiranje distribucijskih procesa .....	21
2. 2. 4. Skladištenje .....	21

IV

2. 3.	Sustavi nadzora i upravljanja zalihama proizvođača.....	23
2. 3. 1.	Metoda planiranja potreba za materijalom .....	24
2. 3. 2.	Metoda planiranja proizvodnih kapaciteta.....	25
2. 3. 3.	Planiranje resursa poslovnog sustava .....	27
2. 3. 4.	Sustav proizvodnje "upravo na vrijeme".....	29
2. 3. 5.	Strategije proizvodnje .....	30
2. 4.	Upravljanje zalihama .....	31
2. 4. 1.	Modeli upravljanja zalihama dobavljačkih lanaca .....	34
2. 5.	Efekt biča.....	39
3.	KLASIFIKACIJA UTJECAJNIH ČIMBENIKA SUSTAVA UPRAVLJANJA ZALIHAMA.....	45
3. 1.	Modeli potražnje za proizvodima .....	45
3. 2.	Sinkroniziranost radnog vremena .....	49
3. 3.	Takt dobave proizvoda .....	50
3. 4.	Minimalna veličina narudžbe .....	52
3. 5.	Nedostatak traženih proizvoda .....	52
3. 6.	Postotak zadovoljavanja potražnje tržišta.....	55
4.	KVANTIFIKACIJA POKAZATELJA SUSTAVA UPRAVLJANJA ZALIHAMA....	58
4. 1.	Postavke simulacijskih eksperimenata .....	58
4. 2.	Programsko rješenje za određivanje simulacijskih eksperimenata.....	61
4. 3.	Kvantifikacija pokazatelja sustava upravljanja zalihama za kaotični model potražnje veličine $100\pm 10$ proizvoda dnevno.....	65
4. 3. 1.	Minimalan potreban broj dobava.....	65
4. 3. 2.	Prosječna veličina dobave.....	66
4. 3. 3.	Prosječna dnevna razina zaliha .....	67
4. 3. 4.	Koeficijent efekta biča.....	68
4. 3. 5.	Rizik naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda .....	71
4. 3. 6.	Propuštena prodaja.....	72
4. 3. 7.	Troškovi sustava upravljanja zalihama bez popusta.....	73
4. 3. 8.	Troškovi sustava upravljanja zalihama s popustima .....	77
4. 4.	Kvantifikacija pokazatelja sustava upravljanja zalihama za kaotični model potražnje veličine $100\pm 50$ proizvoda dnevno.....	83
4. 4. 1.	Minimalan potreban broj dobava.....	83
4. 4. 2.	Prosječna veličina dobave.....	84
4. 4. 3.	Prosječna dnevna razina zaliha .....	85
4. 4. 4.	Koeficijent efekta biča.....	86

4. 4. 5.	Rizik naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda .....	88
4. 4. 6.	Propuštena prodaja.....	89
4. 4. 7.	Troškovi sustava upravljanja zalihama bez popusta.....	90
4. 4. 8.	Troškovi sustava upravljanja zalihama s popustima .....	95
4. 5.	Usporedba kvantificiranih pokazatelja sustava upravljanja zalihama za različite kaotičnosti potražnji .....	99
5.	INTEGRALNA METODA OPTIMALNOG UPRAVLJANJA ZALIHAMA .....	104
5. 1.	Integralna metoda optimalnog upravljanja zalihama, varijanta A.....	107
5. 2.	Integralna metoda optimalnog upravljanja zalihama, varijanta B .....	114
5. 3.	Integralna metoda optimalnog upravljanja zalihama, varijanta C .....	119
5. 4.	Usporedba novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama s ostalim, relevantnim modelima upravljanja zalihama .....	135
5. 4. 1.	Model ekonomske količine narudžbe.....	135
5. 4. 2.	Stalne zalihe kod (R, s, S) modela upravljanja zalihama .....	137
5. 4. 3.	Dinamički modeli upravljanja zalihama .....	138
6.	ZAKLJUČAK.....	145
	LITERATURA.....	147
	POPIS SIMBOLA.....	156
	POPIS SLIKA .....	157
	POPIS TABLICA.....	163
	PRILOZI .....	165
	ŽIVOTOPIS .....	174

# **1. UVOD**

## **1. 1. Svrha i ciljevi istraživanja**

Proizvodnja i distribucija proizvoda uključuje suradnju više poslovnih sustava koji posluju u svojevrsnom, serijski povezanom lancu. Uobičajeno dobavljači sirovina i poluproizvoda dobavljaju materijal proizvođačima koji sirovine iz više izvora koriste za izradu gotovih proizvoda. Ti proizvodi se isporučuju poslovnim sustavima, učesnicima dobavljačkog lanca u smjeru tržišta odnosno, putem distributera, trgovina na veliko i u konačnici trgovina na malo sve do potrošača.

Usporedno s isporukom proizvoda potrošačima odvija se protok informacija unutar dobavljačkog lanca u suprotnom smjeru, od tržišta prema proizvođaču. Najčešće samo trgovina na malo zna točnu potrebu tržišta budući je jedino trgovina na malo u izravnom kontaktu s potrošačima. Bitno je primijetiti da se potražnja za proizvodima koju primjećuje trgovina na veliko sastoji od narudžbi za proizvodima koje je zaprimila od trgovina na malo odnosno, u serijski povezanim dobavljačkim lancima opažena potreba za proizvodima poslovnog sustava bližeg proizvođaču vezana je za potrebe poslovnog sustava bližeg tržištu.

Brewer et al. [1] i Sterman [2] su utvrdili da su suvremeni poslovni sustavi u pravilu dio globalnog tržišta te su prisiljeni kontinuirano unaprjeđivati svoje poslovanje kako bi opstali. Ova situacija zahtjeva od njih sposobnost brzog prilagođavanja promjenama tržišta i fleksibilnost u poslovanju uz istovremeno trajno smanjenje troškova. Proizvođači su u dodatno otežanoj situaciji jer složenost proizvoda i ulaganje u nove tehnologije na globalnoj razini raste povećavajući konkurentnost tvrtki koje ulažu u razvoj i istraživanja.

Zalihe predstavljaju jednu od najskupljih vrsta imovine poslovnog sustava, čineći značajan udio ukupno investiranog kapitala. Neprimjereno upravljanje zalihama rezultira visokim troškovima i značajnim smanjenjem dobiti poslovnih sustava odnosno, smanjenjem konkurentnosti i mogućnošću propasti poslovnog sustava. Temeljni je zadatak optimalnog upravljanja zalihama da one budu što manje, ali uvijek dovoljne za zadovoljavanje potražnje kupaca i potrošača.



Prekomjerne zalihe uvjetuju neopravdano visoke troškove držanja zaliha, a premalena količina zaliha implicira brojne probleme, poteškoće i štetne posljedice u proizvodnji, trgovini i distribuciji. Heizer i Render [3] su utvrdili da gubici na zalihama koji čine do 1% od prodaje u maloprodaji ocjenjuju se kao dobri, dok u brojnim maloprodajnim objektima oni iznose i više od 3% od prodaje, a Raman et al. [4] da vodeći maloprodavatelji gube 10% do 25 % dobiti upravo zbog neprimjerenog upravljanja. Optimalno upravljanje zalihama zahtijeva usklađivanje svih proizvodnih, dobavnih i distribucijskih aktivnosti od kojih su brojne izravno ili neizravno vezane za učesnike dobavljačkog lanca čime optimalno upravljanje postaje izuzetno međuzavisno, složeno i teško predvidivo. Dodatni razlog otežanog optimalnog upravljanja zalihama uvjetovan je nepredvidivošću potražnje za proizvodima u smislu nepouzdanih količina ali i vrsta proizvoda, dugim vremenima proizvodnje i dobave, nepouzdanim procesom dobave, velikim brojem artikala, kratkim vremenom potražnje za određenim proizvodom itd.

Proizvođači su u globalnom konkurentskom okruženju izloženi povećanim rizicima poslovanja jer moraju kontinuirano ulagati resurse u procese specijalizacije i povećanja fleksibilnosti te istovremeno smanjivati zalihe i troškove. Brojna istraživanja među kojima i ona od Chen et al. [5] i [6], Dejonckheere et al. [7] i [8], Fransoa [9] te Ouyanga i Daganza [10] ukazala su na mogućnost pojave kritičnih situacija kod proizvođača unutar dobavljačkih lanaca uzrokovanih nepravilnim i nepredvidivim oscilacijama potražnje.

Forrester u svojem radu [11] opisuje sklonost poslovnih sustava da pojačavaju, uzrokuju kašnjenje i iskrivljenje informacija o potrebama tržišta prilikom odmicanja od njega. Ova pojava se prvo prepoznala kod proizvođača s ciljem opskrbe tržišta, a koji pritom koriste vlastite skladišne prostore za zalihe sirovina, poluproizvoda i gotovih proizvoda namijenjenih prodaji. Lee et. al. [12], [13] nazivaju ovaj fenomen efekt biča (eng. *Bullwhip effect*) budući male promjene varijanci ili periodičnosti u potražnji potrošača često uzrokuju veliki porast za proizvodima u narudžbama predanim poslovnim sustavima unutar dobavljačkog lanca u smjeru proizvođača te navode primjere iz industrije u kojima se on pojavljuje, identificiraju uzroke i predlažu strategije za smanjenje njegovih štetnih posljedica. Posljedice efekta biča su vrlo skupe jer uzrokuju prekomjerno gomilanje zaliha, nezadovoljne klijente i nesigurno planiranje proizvodnje.

Brojni primjeri iz prakse su pokazali da do neželjene promjene informacija o stvarnim potrebama tržišta dolazi što se informacija više udaljava od tržišta, te da se pritom i sam iznos pogreške uvećava. Ovakva velika i učestala odstupanja od stvarnih potražnje tržišta uzrokuju značajne troškove i u konačnici dovode u pitanje opstanak dobavljačkog lanca zbog kontinuirano povećanih troškova, preopterećenja proizvodnje, povećanih logističkih zahtjeva, nedostatnih ili prevelikih zaliha i time nedovoljnih skladišnih i logističkih kapaciteta, a sve to uz mali stupanj zadovoljavanja potražnje tržišta. Kahn je u svojem radu [14] pokazao da su netočne informacije o potražnji tržišta glavni uzrok efekta biča. Zbog značajnog i negativnog utjecaja efekta biča na zalihe, a time i na brojne druge poslovne pokazatelje, efekt biča je predmet izučavanja brojnih znanstvenika i poslovnih stručnjaka. Kao prijedlog smanjenja

negativnih posljedica efekta biča, najčešće se predlaže uvođenje centralizirane razmjene podatka za sve sudionike dobavljačkog lanca. Ovakvim pristupom su informacije o potrebama i promjenama u obrascu potražnje potrošača dostupne svim sudionicima dobavljačkog lanca s ciljem pravovremenog i optimalnog upravljanja proizvodnjom i dobavom, povećanja točnosti predviđanja potreba za proizvodima, smanjenja prekomjernih zaliha itd. Uvođenje centralizirane razmjene podataka može smanjiti efekt biča i njegove negativne posljedice, međutim, primjenjuje se samo u velikim, dobro uhodanim i razvijenim dobavljačkim lancima koji ugovorima o tajnosti podataka i zaštiti poslovnih informacija sprječavaju mogućnost zloupotrebe povjerljivih poslovnih informacija. Zbog toga ovaj tip dobavljačkih lanaca nije predmet istraživanja ovog doktorskog rada.

Soh et al. [15], Jacobs i Bendoly [16] te Grabot i Botta-Genoulaz [17] su utvrdili da moderni proizvođači najčešće implementiraju sustave Planiranja resursa poslovnog sustava kako bi smanjili negativne utjecaje poslovnih odluka, međutim ovi sustavi se trebaju kontinuirano analizirati i prilagođavati s ciljem optimiziranja proizvodnje i postizanja visoke učinkovitosti uz minimalne troškove. Ushio et al. [18], Rem i Armbruster [19], Peters i Parlitz [20] te Katzorke [21] su utvrdili da se dinamika dobavljačkih lanaca treba promatrati kao rezultat interakcije determinističkih dinamičkih sustava, a budući su interakcije učesnika dobavljačkih lanaca nelinearne, bez kompleksnih i jasno utvrđenih relacija u dobavljačkom lancu može doći do pojave kaotičnih odnosa i nestabilnosti cijelog sustava. U realnim uvjetima, gdje se poslovni sustavi i dobavljački lanci s brojnim logističkim, proizvodnim i maloprodajnim resursima natječu na globalnoj razini pojavljuje se veliki broj utjecajnih varijabli s netrivialnim međuzavisnostima. Uz promjene razine zaliha, strukturne i logističke značajke dobavljačkih lanaca se kontinuirano mijenjaju zbog čega se utjecajne varijable na sustave upravljanja zalihama (SUZ) dobavljačkih lanaca trebaju kontinuirano pratiti, predviđati buduće situacije i tražiti optimalne scenarije poslovanja kao odgovor na buduće događaje. Kako bi se optimizirala svojstva sustava upravljanja zalihama dobavljačkih lanaca potrebno je detaljno istražiti međuzavisnosti varijabli sustava upravljanja zaliha poput karakterističnih razina zaliha, vremena dobave, utjecaja radnog vremena dobavljača, parcelacije narudžbi, vremena obrade zaprimljenih narudžbi, utjecaja postotka zadovoljavanja potražnje tržišta, mogućih odstupanja od traženih vremena dobava itd.

Istraživanja Houlihana [22], Taylora [23], i Fransoa et. al. [9] dalje opisuju pojavu efekta biča u dobavljačkim lancima s integriranim upravljanjem zalihama (eng. *make-to-stock supply chains*). Radovi Baganha i Cohena [24], Gravesa [25], i Cachona [26] se bave analitičkim proučavanjem povećanog odstupanja potražnje pri udaljavanju od tržišta, a Chen et al. [5] i Metters [27] pokušavaju analitički kvantificirati utjecaje uzroke pojave efekta biča.

Upravljanje dobavljačkim lancima je primjer dinamičkog donošenja odluka koje uključuju zakašnjele povratne informacije i višestruko povezane odluke s brojnim, međuzavisnim utjecajima. Upravljanje ovakvim međuzavisnim poslovnim sustavima je složeno iz više razloga. Prema Stermanu [28], kada poslovne odluke imaju neizravne i zakašnjele rezultate, dinamička kontrola i upravljanje je otežano. U dobavljačkim lancima je više poslovnih sustava

uključeno u proces dobave proizvoda tržištu, a njihovi rezultati ovise o odlukama učesnika dobavljačkog lanca. Croson et al. [29] su utvrdili da zbog međuzavisnog odnosa učesnika dobavljačkog lanca i rizika u procesu dobave koji slijedi iz toga, nestabilnost sustava se učestalo pojavljuje s negativnim posljedicama za sve članove lanca.

Istraživanje procesa izgladivanja proizvodnje (eng. *Production Smoothing*) počinje 1960-ih godina radovima Dejonckheera et al. [8], Holta et al. [30], [31] i [32], Magea [33], Simona [34], Vassiana [35], Deziela i Eilona [36], Balakrishnana et al. [37] u kojima se istraživao trošak proizvodnje budućih razdoblja u kojima potražnja oscilira. Rezultat ovih istraživanja je definiranje procesa izgladivanja proizvodnje, čime je smanjena promjenjivost proizvodnje u odnosu na promjene potražnje za proizvodom. No, iako postupak izgladivanja proizvodnje nudi brojne prednosti proizvođačima, ostali učesnici dobavljačkog lanca posluju s ciljem povećanja postotka zadovoljavanja potražnje tržišta uz smanjenje zaliha i pripadajućih troškova te je njihov prioritet zadovoljavanje potražnje tržišta, a ne smanjenje njegove promjenjivosti. Problemi izgladivanja proizvodnje, odnosno smanjivanja promjenjivosti potražnje bitna su tema i u modernim istraživanjima i literaturi.

Kod modernog pristupa optimalnog upravljanja zalihama u poslovnim sustavima članovima dobavljačkih lanaca postavljaju se tri glavna zahtjeva i to: opskrba čim većeg dijela tržišta odnosno, isporuka čim većeg broja proizvoda uz sposobnost prilagođivanja naglim i nepredvidim promjenama potražnje tržišta, te smanjenje troškova vezanih za poslovne procese uključene u proces opskrbe proizvodima.

Procedure ili metode koje bi praktično pomogle da se za odabrani cilj poslovnog sustava i odabrani koncept upravljanja zalihama u danom okruženju i uvjetima u kojima posluju izaberu optimalne postavke sustava upravljanja zalihama, a iz kojih bi mogli predvidjeti posljedice na brojne zavisne varijable upravljanja zalihama, još uvijek nisu dovoljno istražene. Iz tog razloga, u ovom doktorskom radu istražiti će se i analizirati utjecaj čimbenika vezanih za optimalno upravljanje zalihama dobavljačkih lanaca. Pored toga, prikazati će se složenost utjecaja i brojne međuzavisnosti, prednosti i nedostaci i područja njihove primjene, a zatim će se prikazati poznati koncepti i metode upravljanja zalihama.

Ovim radom istražiti će se utjecajni čimbenici upravljanja zalihama dobavljačkih lanaca te će se provesti njihova analiza putem razvijenog programskog rješenja za izradu simulacijskih eksperimenata temeljem podataka o potražnji za proizvodima. Temeljem provedene analize izvršiti će se klasificiranje analiziranih čimbenika te izvršiti kvantifikacija čimbenika optimalnog upravljanja zalihama putem relevantnog broja simulacija realnih uvjeta poslovanja modernih dobavljačkih lanaca. Detaljnom kvantifikacijom će se uspostaviti veza između utjecajnih čimbenika sustava upravljanja zalihama dobavljačkih lanaca i rezultata tih čimbenika na cijeli niz poslovnih varijabli što će omogućiti izbor optimalnih parametara sustava upravljanja zalihama spram zadanih uvjeta poslovanja u okruženju.

## **1. 2. Metodologija istraživanja**

Tijekom rješavanja postavljenog problema analizirat će se postojeća teorijska saznanja o utjecajnim čimbenicima sustava upravljanja zalihama dobavljačkih lanaca i metodama upravljanja zalihama iz znanstvene literature i praktičnih rješenja suvremenih poslovnih sustava. Izvršit će se sinteza tih saznanja u oblikovanje praktično primjenjive metodologije izbora optimalnih postavki sustava upravljanja zalihama dobavljačkih lanaca u ovisnosti o utjecajima okruženja i uvjetima poslovanja čime će se doći do rješenja postavljenog problema.

## **1. 3. Očekivani doprinos istraživanja**

Kao rezultat ovog doktorskog rada očekuje se izrada znanstveno zasnovane metode koja bi omogućila znanstveno utemeljen i analitički potvrđeni način izbora parametara sustava upravljanja zalihama modernih dobavljačkih lanaca s ciljem ostvarivanja optimalnih rezultata poslovanja poslovnih sustava, učesnika dobavljačkog lanca i dobavljačkog lanca u cijelosti.

## **1. 4. Primjena rezultata istraživanja**

Rezultati istraživanja moći će se primijeniti u procesu upravljanja zalihama modernih poslovnih sustava. Očekuje se da ova metoda omogućí vlasnicima i upravi poslovnih sustava koji posluju u sklopu dobavljačkih lanaca, da uz analizu uvjeta poslovanja identificiraju utjecajne čimbenike i izvrše kvantifikaciju njihovog utjecaja na izbor parametara upravljanja sustava zaliha te na temelju toga izaberu optimalan model i postavke sustava upravljanja zalihama u vlastitim poslovnim sustavima kao sredstvo za postizanje zadanih ciljeva poslovanja.

## **1. 5. Hipoteze rada**

Hipoteza 1: Odabir strategije upravljanja zalihama dobavljačkog lanca može znatno utjecati na poslovne pokazatelje dobavljačkog lanca s potencijalno velikim prednostima prilikom odabira optimalne strategije. Optimalnim podešavanjem čimbenika sustava upravljanja zalihama mogu se smanjiti troškovi, razine zaliha, broj dobava, efekt biča i ostali pokazatelji s negativnim posljedicama na uspješnog promatranog poslovnog sustava ali i dobavljačkog lanca u cjelini.

Hipoteza 2: Uz jednaku prosječnu potražnju, povećanjem kaotičnosti dnevnih potražnji povećati će se i opterećenje sustava upravljanja zalihama i dobavljačkog lanca u cijelosti.

Hipoteza 3: Postojeći modeli, jednadžbe i algoritmi za određivanje potrebnih zaliha utemeljeni su na nedovoljno točnim modelima upravljanja zalihama čime se nedovoljno točno određuju potrebne razine zaliha u modernim dobavljačkim lancima čime se smanjuje učinkovitost i povećavaju troškovi dobavljačkog lanca vezani za upravljanje zalihama.

## 2. DOBAVLJAČKI LANCI

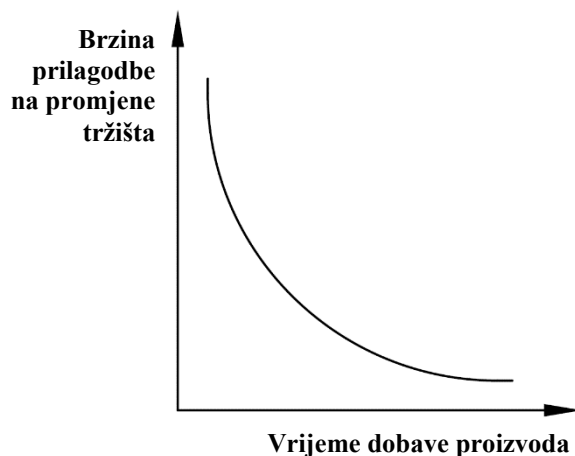
Klasični proizvođači usmjereni su na vertikalno integrirano poslovanje odnosno, kontroliraju odabir i dobavu sirovina za proizvodnju, skladištenje, distribuciju te često i samu prodajnu mrežu. Klasična teorija organizacije poslovnih sustava zagovarala je pristup kojim se s povećanjem vertikalnih razina kojima tvrtka upravlja može postići veća efikasnost u poslovnim procesima, odnosno sustava u cijelosti. Konkurentnost poslovnih sustava na globalnoj razini utjecala je na brzinu prihvaćanja ideje regionalnih tvrtki da se ne mogu baviti svim poslovnim procesima i biti uspješni u tome. Umjesto toga, postalo je jasno da se u tako kompetitivnom okruženju tvrtke moraju okrenuti svojim ključnim sposobnostima (eng. *core competencies*). Ovo je uzrokovalo odmak od strategije vertikalne integracije, utjecalo na povezivanje s dobavljačima i povjeravanje poslova vanjskim izvršiteljima (eng. *outsourcing*) [38].

### 2. 1. Razvoj dobavljačkih lanaca

Među prvim segmentima poslovanja koji su bili izdvojeni i ponuđeni tržištu za pronalaženje najpovoljnijeg izvođača su bile usluge prijevoza i isporuke proizvoda kupcima. Ovime se povećao broj posrednika između proizvođača i tržišta što povećava složenost i neizvjesnost poslovnih procesa dobave proizvoda tržištu. Trend se dalje usmjerava na način da se sve poslovne aktivnosti osim osnovne djelatnosti izuzimaju iz osnovnog poslovanja proizvođača te dolazi do povezivanja s tvrtkama koje će izvršavati tako izuzete poslovne procese.

Proizvođači, zastupnici, trgovine na veliko i malo te logistika (prijevoz i skladištenje) postaju povezani u dobavljačke lance čime njihovi međusobni odnosi postaju međuzavisni i kompleksni. U početku se upravljanje ovim odnosima temeljilo na poslovnim rezultatima (eng. *performance based*). Povećani broj učesnika dobavljačkog lanca uzrokuje usporavanje reakcija na potražnju tržišta uz istovremeno povećavanje iskrivljenja informacija o stvarnim potrebama tržišta. Vrijeme potrebno za uvođenje proizvoda na tržište odnosno, brzina prilagodbe na promjene tržišta i cijena takvog proizvoda postale su dvije najznačajnije varijable pri odabiru

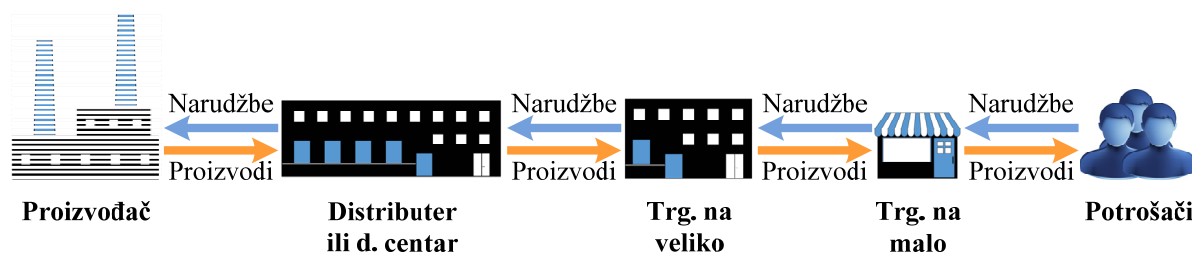
uspješnog dobavljačkog lanca. Prema Fengqi i Grossmann [39], a sa slike 2.1 vidljivo je da je posljedica dugog vremena dobave proizvoda do tržišta spora prilagodba na tržišne promjene odnosno, takav dobavljački lanac može zadovoljavati manju potražnju tržišta od dobavljačkih lanaca sa brzim odazivom na tržišne promjene.



**Slika 2.1.** Zavisnost vremena dobave proizvoda i brzine prilagodbe promjenama na tržištu prema [39]

Tang [40] je utvrdio da se upravljanje dobavljačkim lancima može definirati kao upravljanje proizvodima, informacijama i novčanim tokovima kroz lanac poslovnih sustava kojima je cilj proizvodnja i opskrba tržišta s namjerom postizanja traženog zadovoljstva kupca i ostvarivanja financijske koristi svim učesnicima dobavljačkog lanca.

Dobavljački lanac se najčešće predstavlja s više razina kao što je vidljivo na slici 2.2. Prva razina dobavljačkog lanca je trgovina na malo (eng. *Retailer*) gdje se potrošači, krajnji kupci proizvoda upoznaju s proizvodima i gdje ih mogu kupiti. Potrošači su uglavnom pojedinci koji kupuju za vlastite potrebe. Maloprodaja može biti općeg tipa (za podmirenje učestalih potreba stanovništva) ili specijalizirana za prodaju trajne robe kao i robe široke potrošnje i trajnih vrijednosti. Trgovina na malo je poslovni sustav koji se nalazi na kraju dobavljačkog lanca.



**Slika 2.2.** Prikaz dobavljačkog lanca s četiri poslovna sustava

Druga razina dobavljačkog lanca je trgovina na veliko (eng. *Wholesaler*), koja zaprima narudžbe od trgovina na malo. Trgovine na veliko ne isporučuju proizvode individualnim potrošačima gotovih proizvoda. Zavisno od veličine dobavljačkog lanca, trgovine na veliko nabavljaju robu u velikim količinama izravno od proizvođača ili distribucijskog centra i prodaju ju trgovinama na malo.

Ukoliko u dobavljačkom lancu između trgovine na veliko i proizvođača postoji poslovni sustav, posrednik on se naziva distribucijski centar, distributer ili zastupnik (eng. *Distribution centre, Warehouse*) za određena područja. U slučaju kad dobavljački lanac pokriva vrlo veliko područje poput nekoliko kontinenata, moguće je da u dobavljačkom lancu postoji i više od jednog distributera.

Četvrta razina dobavljačkog lanca je proizvođač (eng. *Factory, Plant, Manufacturer*) koji proizvodi proizvode za tržište prema planovima temeljenih na narudžbama poslovnih sustava bližih tržištu. Proizvođač se najčešće smatra dominantnim odnosno, strateški najvažnijim poslovnim sustavom u dobavljačkom lancu. Međutim, zavisno od vrste proizvoda i poslovnih procesa koji se javljaju u lancu, najutjecajniji može biti i poslovni sustav dobavljač sirovina (ukoliko je monopolist tj. dobavljač ključne sirovine ili poluproizvoda) ili trgovina na veliko proizvodima široke potrošnje.

Kako bi se osiguralo zadovoljstvo kupaca te zadržao i povećao tržišni udio, proizvodi trebaju biti tražene kvalitete, niske cijene, dostupni u više inačica, ekološki prihvatljivi te s pravovremenim razvojem novih i unaprijeđenih verzija. Također, treba se uzeti u obzir i činjenica da je tržište dinamično pa zahtijeva kontinuirane i učestale izmjene i usavršavanja proizvoda. Značajke proizvodnje, dostupnost materijalnih i financijskih resursa, stabilnost poslovnih procesa itd., trebaju se uzeti u obzir prilikom planiranja i optimiranja dobavljačkog lanca. Nепрепознавање i nevažavanje ovih značajki redovito ima ozbiljne i trajne posljedice na uspješnost dobavljačkog lanca.

Upravljanje dobavljačkim lancima kako bi se postigao visoki stupanj zadovoljstva klijenata je vrlo teško, budući u kompleksnom sustavu kakav je dobavljački lanac postoje brojni kompleksni, međuzavisni odnosi na različitim razinama između poslovnih sustava. Dodatno, otežavajuća okolnost je i tendencija skraćivanja životnog ciklusa proizvoda čime se smanjuje mogućnost prilagođavanja potrebama tržišta već pravilne procjene prije predstavljanja proizvoda tržištu povećavaju svoj značaj. Upravljanje dobavljačkim lancima se kontinuirano razvija te ga se može usporediti s principom Upravljanja potpunom kvalitetom (eng. *Total quality management – TQM*) ili Reinženjerstvo poslovnih procesa (eng. *Business Process Reengineering - BPR*) na način da nema unaprijed određeni cilj, već se ciljem smatra kontinuirano unaprjeđenje.

Zalihe su proizvodi, materijali, sirovine itd. namijenjene prodaji ili s ciljem korištenja u procesima poslovnih sustava. U trgovinama su to proizvodi za prodaju i nazivaju se trgovačka roba dok u proizvodnim poslovnim sustavima zalihe mogu biti sirovine, pomoćni materijal, rezervni dijelovi, sitni inventar i sl. te zalihe tekuće proizvodnje odnosno, zalihe gotovih proizvoda za prodaju. Zalihe se koriste s ciljem smanjenja nesigurnosti u ispunjenju zahtjeva tržišta za proizvodima. Primjerena politika upravljanja zalihama u cijelom dobavljačkom lancu osigurati će da se proizvodi nalaze u dovoljnoj količini na raspolaganju kupcima, a da pri tome ne utječu negativno na financijske, logističke i proizvodne rezultate poslovnih sustava unutar dobavljačkog lanca.

Smanjenje ukupnih troškova dobavljačkog lanca i razumijevanje kako ti troškovi nastaju u interesu je svih poslovnih sustava unutar lanca utvrđeno je istraživanjima Umede i Jonesa [41], Simchi-Levi et al. [42], Leea i Wanga [43] i Leea i Billingtona [44]. U tradicionalnom dobavljačkom lancu koji nije centraliziran i sinkroniziran, odnosno kad svaki poslovni sustav u dobavljačkom lancu djeluje isključivo u svojem interesu, javlja se lokalna optimizacija rezultata poslovanja koja ne rezultira nužno optimalnim rezultatima na razini cijelog lanca. Ovakvo djelovanje povećava ukupne zalihe i troškove na razini dobavljačkog lanca. Zbog toga je nužno utvrditi posljedice odluka politike upravljanja zalihama kako bi se mogle utvrditi i optimizirati rezultati na cijelom dobavljačkom lancu [45].

Wang et al. [46] su utvrdili da upravljanje dobavljačkim lancima omogućuje brzi odaziv na tržišne potrebe, planira, koordinira, kontrolira i optimizira dobavljački lanac što čini praćenje i optimiranje zaliha učesnika dobavljačkog lanca izuzetno kompliciranim. U proces upravljanja dobavljačkim lancem moraju biti uključeni svi poslovni procesi koji omogućavaju zadovoljavanje potražnje tržišta te predviđanje potreba za određenim tipom proizvoda i njegovim karakteristikama, odabir optimalnog postupka proizvodnje i načina kako dopremiti proizvod do krajnjeg kupca. Važnost tijesne suradnje svih poslovnih sustava uključenih u dobavljački lanac je ključan faktor njegove uspješnosti.

### **2. 1. 1. Povijesni počeci dobavljačkih lanaca**

Schonberger [47] je utvrdio da Japanski proizvođači postižu kraće cikluse proizvodnje (eng. *faster cycle times*) i višu kvalitetu proizvoda uz niže troškove zbog bolje suradnje sa svojim dobavljačima. Japanski proizvođači tog doba bili su znatno inovativniji i fleksibilniji u odnosu na one u SAD i Europi. U odnosu na japanske čiji je odnos bio partnerske prirode, poslovni sustavi na Zapadu su imali distanciranije i kruće odnose s dobavljačima. Usredotočenost na ključne sposobnosti uvjetovala je bavljenje samo onim djelatnostima u kojima je tvrtka mogla postići vrhunske rezultate i ekonomičnost, a sve ostale je trebalo povjeriti vanjskim izvršiteljima što je rezultiralo povećanjem broja učesnika u dobavljačkim lancima.

Prva istraživanja pokazala su da su japanski dobavljački lanci znatno dinamičniji te da omogućavaju vrijeme ciklusa i koeficijent obrtaja kapitala i do 10 puta veći od izravnih SAD i EU konkurenata [48] što je izravna posljedica trajnog pojednostavljenja poslovnih procesa, smanjenja škarta i izravnog povezivanja zaposlenika s proizvodnjom, a sve sukladno primjenjivanoj JIT filozofiji proizvodnje. Istraživanje od Gadde i Grant [49] je pokazalo da je broj Toyotinih dobavljača 168, oko 3500 dobavljača je imao General Motors, a Volvo koji je znatno manja tvrtka od druge dvije oko 800. Također, japanske tvrtke su implementirale i sustav trajnog smanjenja cijena dobavljanih proizvoda te ukoliko dobavljač ne bi mogao ponuditi proizvode pod tako niskim cijenama, stručnjaci tvrtke kupca bi vršili analize i pomagali dobavljaču u ostvarivanju ciljanih cijena, a sve s ciljem zadržavanja postojećeg dobavljača u dobavljačkom lancu i kontinuiranom povećanju konkurentnosti proizvoda [50].



Schonberger [47] je utvrdio kako su zapadni poslovni sustavi dobavu proizvoda vršili uglavnom sustavima javne nabavke s ciljem ostvarivanja najniže nabavne cijene proizvoda dok su se japanske tvrtke povezivale i uspostavljale partnerske odnose s ciljem maksimalnog smanjivanja broja dobavljača. Sako i Hakansson su u svojim radovima [51] i [52] utvrdili da zapadni poslovni sustavi razvijaju suradnju s geografski udaljenijim partnerima, ali da je ona ipak dovoljno povezana kako bi bio moguć razvoj dobavljačkih lanaca. Hakanssonovo istraživanje je utvrdilo da trajanje suradnje između dva poslovna sustava u funkciji tehničkog razvoja proizvoda prosječno traje 13 godina.

### 2. 1. 2. Veze i modeli suradnje u dobavljačkim lancima

Dobavljački lanac postaje razvijeniji i kompleksniji što je više poslovnih sustava uključeno u njega. U odnosu na klasične poslovne sustave ne postoji značajna razlika u postojanju poslovnih procesa – i dalje postoje odjeli nabave, prodaje, proizvodnje, sustava kvalitete itd., međutim, osnovna razlika leži u činjenici da se tvrtke ne bave samo poslovima izravno vezanim za njih same, već se uzimaju u obzir i veze i poslovni procesi između poslovnih partnera s kojim promatrana tvrtka nije u izravnom poslovnom odnosu. Upravljanje vezama poslovnih partnera je početna aktivnost u stvaranju dobavljačkog lanca. Svako unaprjeđenje ili otežavanje makar samo jedne veze između dva učesnika uzrokuje posljedice u cijelom dobavljačkom lancu.

Prema [38], temeljne postavke upravljanja dobavljačkim lancima su:

- orijentiranost na potrošača – dobavljački lanci su orijentirani na prepoznavanje i zadovoljavanja želja krajnjeg korisnika - potrošača. Prepoznavanje tržišnih potreba i preusmjeravanje proizvodnih i logističkih resursa kako bi se te potrebe čim prije i čim bolje zadovoljile čini osnovu uspješnosti dobavljačkog lanca,
- prijenos informacija – praćenje, razmjena i mogućnosti pristupa informacijama značajno unaprjeđuju upravljanje dobavljačkog lanca. Pravovremenim pristupom informacijama omogućava se bolja podrška tržištu, smanjuju troškovi proizvodnje i logistike, škarta te se podiže efikasnost poslovanja,
- podrška upravljanju i ljudskim resursima – upravljanje dobavljačkim lancem i zaposlenicima treba biti dinamičke prirode te pratiti i predviđati buduće potrebe za zaposlenicima,
- mjerenja performansi dobavljačkog lanca – kontinuirani proces unaprjeđenja dobavljačkog lanca nije moguć bez kvalitetno uspostavljenog sustava mjerenja njegovih performansi. Performanse se trebaju mjeriti za sve poslovne sustave u dobavljačkom lancu, budući se nedostaci i pogreške jednog učesnika dobavljačkog lanca prenose kroz cijeli lanac i u konačnici utječu na zadovoljstvo tržišta i financijski rezultat cijelog dobavljačkog lanca.

Temeljem razlika u razmjeni informacija i načinu upravljanja zalihama u poslovnim sustavima unutar dobavljačkog lanca, mogu se razlikovati četiri osnovna tipa dobavljačkih lanaca prikazanih u tablici 2.1.

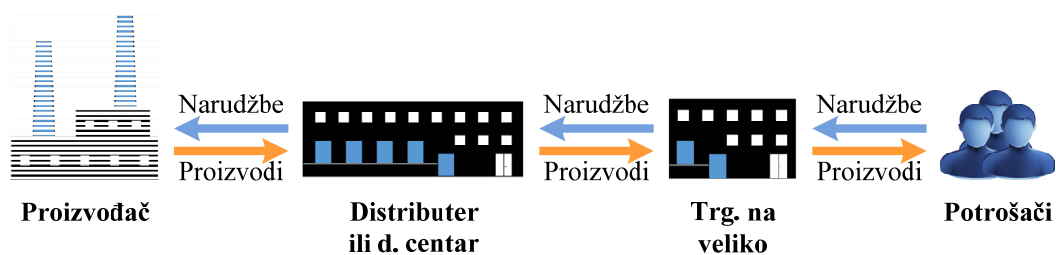
### 2. 1. 2. 1. Tradicionalni dobavljački lanac

Tradicionalni dobavljački lanac se uobičajeno predstavlja pomoću četiri serijski povezana poslovna sustava prikazanih na slici 1. Svaki od njih raspolaže samo s informacijama o vlastitim zalihama i vlastitoj prodaji. Prema Stermanu [28] poslovni sustavi u tradicionalnim dobavljačkim lancima predaju narudžbe poslovnim sustavima u smjeru proizvođača temeljem vlastite prodaje, stanja zaliha i predviđanja vezanih za iskustva iz prethodnih isporuka. Najveći broj dobavljačkih lanaca posluje na ovaj način, a budući dobavljači trgovine na malo i drugi u smjeru proizvođača imaju podatke samo o narudžbama, a ne i o stvarnoj tržišnoj potražnji, ovaj način suradnje rezultira povećanjem zaliha. Metters [27] je ispitivanjima razvijenim na temelju modela tradicionalnih dobavljačkih lanaca dokazao da dolazi do porasta varijanci narudžbi u dobavljačkom lancu čime se dobit dobavljačkog lanca može smanjiti i do 30%.

**Tablica 2.1.** Tipovi dobavljačkih lanaca po vrsti upravljanja zalihama i planiranja

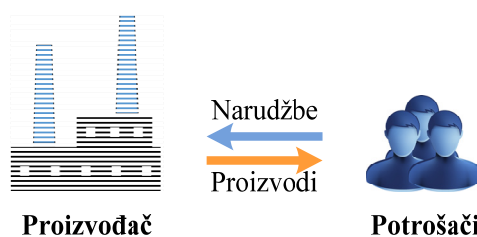
		ZAJEDNIČKO UPRAVLJANJE ZALIHAMA	
		Ne	Da
ZAJEDNIČKO PLANIRANJE	Ne	Tradicionalni dobavljački lanac	Dobavljački lanac s dobavljačem upravljanim zalihama
	Da	Dobavljački lanac s razmjenom podataka	Dobavljački lanac sa sinkroniziranom dobavom

Smanjeni dobavljački lanac, prikazan na slici 2.3, sastoji se od manjeg broja poslovnih sustava, njegovih članova. Često u ovakvim dobavljačkim lancima nema trgovine na malo koja se nadomješta značajnim investicijama i oslanjanjem na internet i informacijske tehnologije. Prema Wikneru et al. [53], svako smanjenje broja poslovnih sustava unutar dobavljačkog lanca omogućava povećanje efikasnosti i unaprjeđenje njegovih općih karakteristika.



**Slika 2.3.** Prikaz smanjenog dobavljačkog lanca

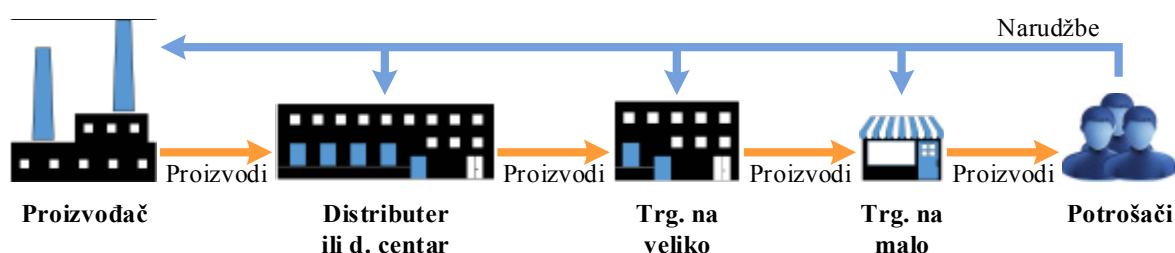
Dobavljački lanac s internetskom prodajom (eng. *E-Shopping supply chain*) vidljiv na slici 2.4, predstavlja vrstu dobavljačkih lanaca koje karakterizira daljnje smanjenje broja poslovnih sustava.



**Slika 2.4.** Dobavljački lanac s internetskom prodajom

Kod ovih dobavljačkih lanaca proizvođač zaprima narudžbe izravno s tržišta najčešće putem interneta, a po završetku proizvodnje, proizvodi se isporučuju kupcu. U osnovi, ovakav tip dobavljačkog lanca je iste strukture i principa funkcioniranja kao tradicionalni dobavljački lanac ali bez ostalih poslovnih sustava u lancu poput trgovina na malo i veliko.

Kod modela dobavljačkog lanca s elektronskim prodajnim mjestom (eng. *Electronic Point Of Sale* – EPOS) prikazanog na slici 2.5, prodajni rezultati trgovine na malo vidljivi su trenutno svim učesnicima dobavljačkog lanca. Na temelju rezultata trgovine na malo, poslovni sustavi u smjeru proizvođača mogu optimizirati svoje zalihe uz odabir prioritarnog cilja. Istraživanja ovog tipa dobavljačkih lanaca prikazali su Dejonckheere et al. u radu [54].



**Slika 2.5.** Prikaz dobavljačkog lanca s elektronskim prodajnim mjestom i razmjenu podataka

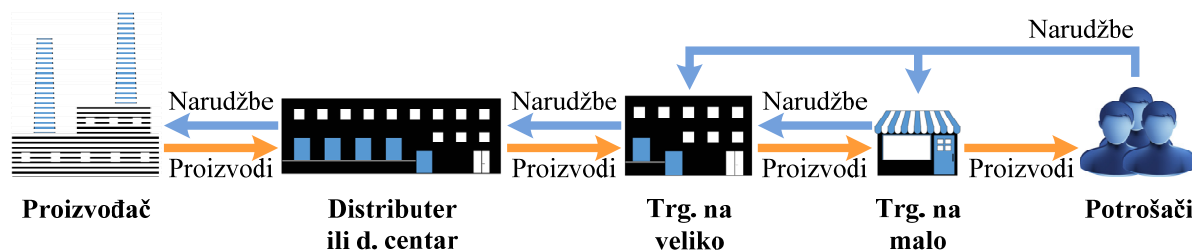
Zajedničko planiranje je korak ka unaprjeđenju razmjene informacija te iako se ne provodi često, smatra se ključnim za uvođenje dobavljačem upravljanih zaliha (eng. *Vendor-managed inventory* – VMI). Iako ovakav pristup pruža očigledne prednosti, prihvaćen je u malom broju dobavljačkih lanaca budući poslovni sustavi unutar istog dobavljačkog lanca, a naročito trgovine na malo, žele sebi osigurati prednosti u odnosu na druge poslovne sustave iz istog dobavljačkog lanca. Dodatni razlozi vidljivi su u činjenici da pokretanje promotivnih akcija, čime se značajno mijenja dinamika isporuka sa zaliha, ovisi o konkretnom stanju zaliha u trgovinama na malo. Ove odluke mogu biti donesene bez usuglašavanja s ostalim učesnicima dobavljačkog lanca čime se bitno mijenja odnos prema dobavljačima.

### 2. 1. 2. 2. Dobavljački lanac s dobavljačem upravljanim zalihama

U dobavljačkom lancu s dobavljačem upravljanim zalihama prikazanom na slici 2.6, trgovina na veliko upravlja i koordinira zalihama trgovine na malo temeljem prodajnih informacija koje joj se trenutno dostavljaju. Kod dobavljačem upravljanih zaliha, trgovina na malo ne izdaje narudžbe za proizvodima dobavljaču već dobavljač sam, na osnovi podataka o trenutnim zalihama, odlučuje kada i u kojoj mjeri će nadopuniti zalihe trgovine na malo. Dobavljačem upravljane zalihe u dobavljačkim lancima omogućavaju smanjenje troškova držanja zaliha uz povećanje postotka zadovoljavanja potražnje tržišta zbog smanjenja nedostataka proizvoda, a opisana je u radu Disneya et al. [55].

U ovom tipu dobavljačkog lanca, zaliha proizvoda u trgovini na malo je u vlasništvu dobavljača sve dok se ne proda odnosno, proizvodi su zalihe dobavljača na lokaciji trgovine na malo. Ukoliko ne postoji potreba za određenim proizvodima, trgovina na malo može zatražiti povrat proizvoda bez naknade. Ovakva strategija je analogna klasičnom dobavljačkom lancu budući

se unatoč promjeni mjesta držanja zaliha, odluke o upravljanju zalihama nisu promijenile – i dalje se njima upravlja na isti način i s istim informacijama kao i kod klasičnih dobavljačkih lanaca. Prednost je vidljiva u centraliziranom donošenju odluka u dobavljačkom lancu, ali sa stajališta dinamičkog upravljanja dobavljačkim lancem ništa se značajno nije promijenilo.



Slika 2.6. Prikaz dobavljačkog lanca s dobavljačem upravljanim zalihama

U ovom tipu dobavljačkih lanaca, proizvođači ne uključuju informacije o prodaji u vlastite planove proizvodnje i upravljanja zalihama. Razlog za neuključivanjem podataka o prodaji u vlastite planove proizvodnje leži u činjenici da jedan proizvođač putem distributera i trgovina na veliko opskrbljuje veliki broj trgovina na malo pa bi stvaranje i upravljanje planovima za svaku od njih bilo komplicirano i nepouzđano. Mogućnost točnog i pravovremenog planiranja proizvodnje se dodatno komplicira činjenicom da u pravilu postoji razlika u radnim i neradnim danima proizvođača u odnosu na trgovine na malo (proizvođači u pravilu ne rade vikendom dok trgovine na malo u pravilu rade). U takvoj situaciji, čak i uz najbolje planiranje, nije moguće potpuno uskladiti planove i izvući maksimum iz ovakve suradnje.

### 2. 1. 2. 3. Dobavljački lanac sa sinkroniziranom dobavom

Kod sinkronizirane dobave jedan centar odlučivanja se poništava i spaja s odlukama o nadopunjavanju zaliha kod dobavljača. Dobavljač na operativnoj razini upravlja zalihama te koristi te informacije u planiranju svojih dobava. Potražnja tržišta, odnosno predviđanje potražnje tržišta se niti u ovom tipu dobavljačkog lanca ne koristi pri donošenju planova proizvodnje i upravljanja zalihama. Planiranja proizvodnje i dalje vrši isključivo proizvođač, a informacije o potražnji tržišta opažene u trgovini na malo se prenose kroz sve poslovne sustave u dobavljačkom lancu, što unaprjeđuje karakteristike dobavljačkog lanca.

Povezivanje unutarnjih i vanjskih procesa u dobavljačkim lancima ovog tipa je zadovoljavajuće sve dok su učesnici dobavljačkog lanca međusobno dovoljno blizu kako bi se zalihe mogle često nadopunjavati. Međutim, ukoliko su proizvođač i učesnici dobavljačkog lanca međusobno geografski udaljeni ili ukoliko se radi o proizvodima s vrlo kratkim životnim vijekom, vrijeme dobave i razine zaliha postaju ključan element uspješne opskrbe tržišta što je jedan od osnovnih razloga zašto je suradnja poslovnih sustava unutar globalnih dobavljačkih lanaca upravo usmjerena na optimalno upravljanje zalihama.

### 2. 1. 3. Elektronička razmjena podataka

Elektronička razmjena podataka (eng. *Electronic data interchange* – EDI) je metoda razmjene poslovnih informacija između računalnih sustava poslovnih sustava, a neophodna je u

modernim dobavljačkim lancima. U tradicionalnom poslovnom okruženju kupci kod slanja narudžbi šalju fax ili elektroničku poštu dobavljaču, na čiju obradu se može čekati i nekoliko dana. Koristeći elektroničku razmjenu podataka, kupac narudžbu izrađuje po definiranom standardu za transakcije i odašilje ju elektroničkim putem izravno u dobavljačev sustav isporučivanja. U odnosu na elektroničku poštu, a pogotovo na fax narudžbe interakcija se izvršava gotovo trenutno. Shodno tome, počeci proizvodnje i isporuke dobara mogu biti znatno skraćeni uz smanjenje grešaka uzrokovanih ljudskim utjecajem, a pored toga elektronska razmjena podataka smanjuje i administrativne poslove što može rezultirati manjim troškovima odnosno, povećanjem produktivnosti u dobavljačkom lancu.

Elektronička razmjena podataka proizvođača koji se usmjeravaju prema sustavu proizvodnje „upravo na vrijeme“ (JIT), a posluju unutar dobavljačkih lanaca, može rezultirati značajnim prednostima i osigurati konkurentsku prednost naspram konkurentskih dobavljačkih lanaca. Proizvođači s JIT sustavima, povlače proizvode, sklopove i dijelove kroz proces proizvodnje kad i u količini u kojoj su potrebni. Elektronička razmjena podataka omogućava da se i razmjena informacija vrši po JIT principu. S brzim izmjenama proizvodnog programa veličina proizvedenih serija se smanjuje, a lansiranje proizvodnje je sve češće. Klasični oblici dokumentacije otežavaju ovakav princip proizvodnje što povećava prednosti elektroničke razmjene podataka u JIT okruženju. Elektronička razmjena podataka značajno skraćuje dobavna vremena i smanjuje nesigurnosti uzrokovane ljudskim utjecajem, te istovremeno povezuje proizvodnju na način da se planovi, narudžbe, obavijesti o isporukama, statistička kontrola podataka i druge informacije brzo i u neizmijenjenom obliku prenose od dobavljača do kupca i obrnuto. Također, elektronička razmjena podataka značajno unaprjeđuje i odnos kupac-dobavljač u dobavljačkom lancu budući se s ubrzavanjem prijenosa informacija ubrzavaju logistički procesi dobavljačkog lanca te skraćuje vrijeme dobave proizvoda potrošačima. Vrijeme koje je potrebno za praćenje statusa isporuka je skraćeno, a otkrivanje i otklanjanje grešaka se može izvršiti u kraćem roku. Dobavljački lanci koji su u značajnoj mjeri integrirali elektroničku razmjenu podataka u pravilu smanjuju broj učesnika dobavljačkog lanca budući da učesnici bez integrirane elektroničke razmjene podataka usporavaju poslovne procese tvrtkama koje su takvu razmjenu poslovnih podataka integrirali u svoje poslovne procese čime se produktivnost i ekonomičnost cijelog dobavljačkog lanca smanjuje.

#### **2. 1. 4. Razvoj zajedničkog planiranja u dobavljačkim lancima**

Kašnjenja i greške u prijenosu informacija među poslovnim sustavima u dobavljačkom lancu uzrokuju smanjenje postotka zadovoljavanja potražnje tržišta što za posljedicu ima nezadovoljstvo suradnjom učesnika dobavljačkog lanca. U takvim slučajevima, najčešća mjera osiguranja od loših performansi dobavljača je povećavanje zaliha kako bi se tvrtke zaštitile od naglih i nepredvidivih (odnosno, loše predviđenih) promjena na tržištu. Radovi od Chen et al. [5] i Lee et al. [12] su pokazali da je ovakvo nagomilavanje zaliha uzrokovano nesigurnošću i nepovjerenjem među partnerima česti uzrok negativnih poslovnih rezultata i efekta biča.

Istraživanja Ellrama i Coopera [56], Stevansa [57], Elrama [58] te Gavirnenija et al. [59] pokazala su kako su prednosti suradnje i razmjene informacija među učesnicima dobavljačkog lanca značajne. Prema Cooperu et al. [60] suradnja se treba odnositi na integraciju procesa i poslovnih funkcija učesnika dobavljačkog lanca, a znanstvenici se slažu da zbog utjecaja na poslovne rezultate cijelog dobavljačkog lanca, procesi planiranja i kontrole trebaju biti integrirani kao njegov sastavni dio [61]. Pri tome je nužno da poslovni sustavi uključeni u dobavljački lanac imaju visoku razinu unutar-organizacijske integriranosti i usklađenosti poslovnih procesa kako bi mogli biti kvalitetni partneri u integriranju cjelokupnog dobavljačkog lanca [62].

Prema Márquezu [63], razmjennom informacija značajno se podiže uspješnost dobavljačkog lanca, a same informacije se u dobavljačkim lancima mogu podijeliti na tri osnovna tipa:

- informacije o proizvodima – korištenjem tradicionalnih sustava prijenosa informacija među učesnicima dobavljačkog lanca poput kataloga, faxova i sl. pojavljuju se kašnjenja i pogreške u prijenosu informacija. Márquez [55] je utvrdio da uvođenje novog proizvoda putem klasičnog postupka nabave može zahtijevati čak 17 koraka. Ovo predstavlja značajan problem učesnicima dobavljačkog lanca budući često dolazi do iskrivljenja informacija. Sustav elektroničke razmjena podataka se s vremenom razvio u sustav koji obrađuje i razmjenjuje podatke s prodajnih mjesta i o trenutnim zalihama [64], međutim, treba biti svjestan i ograničenja sustava elektroničke razmjene podataka budući on ne vrši kontrolu točnosti podataka već ih samo prenosi u neizmijenjenom obliku učesnicima dobavljačkog lanca,
- informacije o potražnji - potražnja na tržištu i informacije o prodaji su ključni podaci temeljem kojih se predviđa buduće poslovanje te se ovi podaci mogu izravno koristiti za povećanje uspješnosti dobavljačkog lanca,
- informacije o zalihama - informacije o zalihama uključuju i modele planiranja zaliha odnosno dobava te izravno utječu na količine proizvoda koji će se naručivati od dobavljača bližeg proizvođaču. Ove informacije su znatno osjetljivije u odnosu na podatke o prodaji krajnjim kupcima te ih učesnici dobavljačkog lanca vrlo rijetko razmjenjuju.

### **2. 1. 5. Problemi u dobavljačkim lancima**

Dobavljački lanci postaju gotovo obavezni u industrijama gdje je potrebno vršiti učestale i tržištu prilagođene isporuke proizvoda kao odgovor na promjene potražnje tržišta u vidu količina, kvaliteta i tipa proizvoda, a sve s ciljem kontinuiranog smanjivanja troškova. Radovi od Bowersoxa [62] Cavinata [65] i Mentzera [66] su pokazali da bi se navedeno osiguralo, tvrtke se odlučuju sve više okretati tvrtkama kojima prepuštaju poslovne procese koje sami više ne mogu konkurentno voditi. Pregled problema koji se mogu pojaviti u dobavljačkim lancima, po Chandra i Grabis [67], prikazan je u tablici 2.2. Iz njihovog istraživanja vidljivo je da se u dobavljačkim lancima javljaju problemi različitih složenosti koji se mogu definirati kao specifični i opći i koji se mogu analizirati s više aspekata. Specifični problemi su oni koji utječu

na jedan izdvojeni problem poput problema upravljanja zalihama u jednom poslovnom sustavu, a općima se smatraju oni problemi koji se odnose na više horizontalnih specifičnih problema.

Pristup povećavanja zaliha i proizvodnih kapaciteta kako bi se mogle zadovoljiti nagle promjene na tržištu s ciljem zaštite poslovnih sustava od negativnih posljedica nezadovoljavanja potražnje tržišta dugoročno nije prihvatljiv zbog globalne konkurentnosti i cilja općeg smanjenja troškova dobavljačkih lanaca zbog čega moderni dobavljački lanci s minimalnim zalihama postaju osjetljivi na nagle promjene i poremećaje na globalnom tržištu.

Troškovi dobavljačkih lanaca uključuju troškove zbog nedostatka zaliha za proizvodnju, zbog loše podrške kupcima, zbog kašnjenja i krivih isporuka itd. Čak i mala unaprjeđenja u poslovnim procesima vezanim za dobavljački lanac mogu rezultirati znatnim financijskim uštedama i omogućiti bolji plasman proizvoda. Bolje upravljanje zalihama znatno povećava raspoloživost financijskih sredstava poslovnog sustava. U zavisnosti o vrsti industrije, proizvođači koje posluju u sklopu vodećih dobavljačkih lanaca ostvaruju do 7% veće prihode od njihovih konkurenata u dobavljačkim lancima prosječnih performansi.

**Tablica 2.2.** Problemi dobavljačkih lanaca i pristup njihovom rješavanju prema [67]

Problem dobavljačkog lanca	Predloženi pristup rješavanju problema
Organizacija logističke mreže	Unaprjeđenje protoka proizvoda kroz dobavljački lanac
Kontrola zaliha	Predviđanje potražnje tržišta i prilagođavanje zaliha
Ugovori u dobavljačkom lancu	Optimizacija dobavljačkog lanca
Strategije distribucije	Management logistike (prijevoza i skladištenja)
Povezivanja učesnika dobavljačkog lanca	Suradnja po pitanju planiranja, predviđanja potreba i nadopuni zaliha
Strategije nabave i povjeravanja poslova vanjskim izvršiteljima	Upravljanje rizicima, određivanje prednosti i nedostataka proizvodnje u odnosu na povjeravanje poslova vanjskim izvršiteljima
IT i pomoć pri odlučivanju	Implementacija ERP sustava i sustava za pomoć pri donošenju odluka
Očekivanja klijenata	Statistička kontrola procesa, upravljanje potpunom kvalitetom i povećanje stope zadovoljstva klijenata

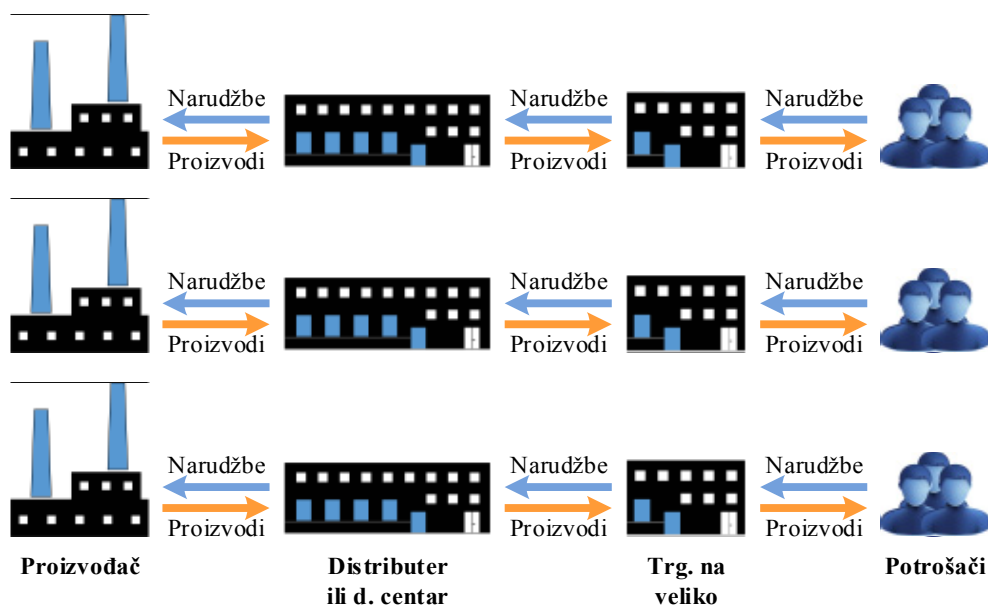
### 2. 1. 6. Međusobno natjecanje dobavljačkih lanaca

Rice i Hoppe [68] su utvrdili da postoje tri moguća scenarija međusobnog natjecanja dobavljačkih lanaca koja treba uzeti u obzir:

- natjecanje dobavljačkog lanca protiv dobavljačkog lanca: dobavljački lanci se ponašaju kao jedinstveni poslovni sustav bez doticaja s drugim tvrtkama u drugim lancima,
- natjecanje u sposobnosti dobave: svodi se na unaprjeđenje dobavnih procesa unutar dobavljačkog lanca u vidu učinkovitosti, efikasnosti i brzine odaziva te inovativnosti u pristupu upravljanja lancem,
- natjecanje u mogućnostima dobave dobavljačkog lanca upravljanog od strane dominantnog poslovnog sustava: dominantan poslovni sustav u dobavljačkom lancu je

najčešće proizvođač, a nadmetanje ovog tipa je zastupljeno u najvećem broju modernih dobavljačkih lanaca.

Navedena tri scenarija nisu međusobno isključiva, što je navedeno istraživanje i pokazalo na slučajevima s vidljivim karakteristikama dva ili čak sva tri scenarija. Na slici 2.7 vidljivi su odvojeni dobavljački lanci koji se ne preklapaju i nemaju dodirnih točaka. Primjeri takvih dobavljačkih lanaca su automobilske industrije u SAD, Njemačkoj i Japanu u 1970-tim godinama.



Slika 2.7. Prikaz dobavljačkih lanaca bez zajedničke suradnje prema [66]

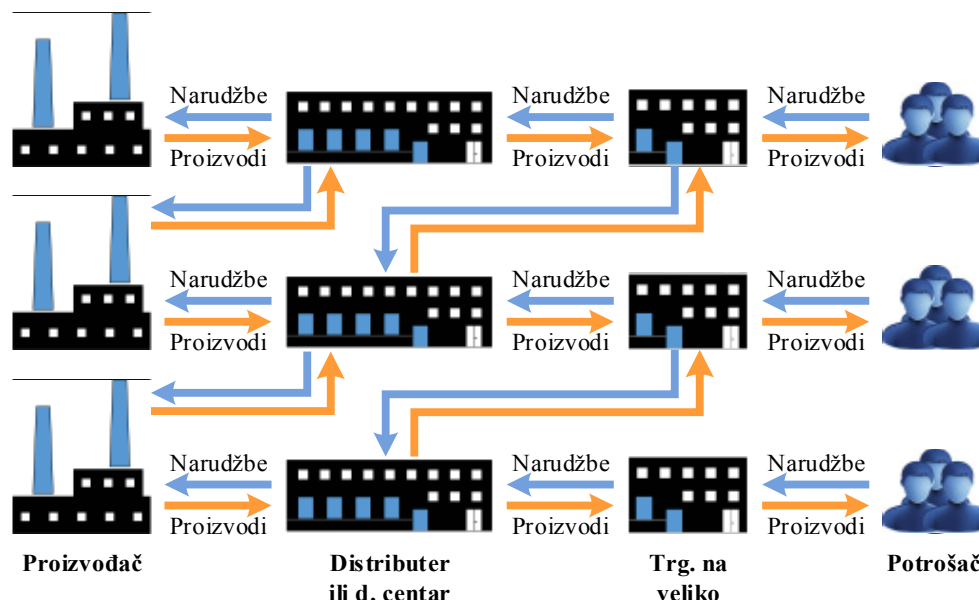
U modernom, globalnom poslovnom okruženju, najčešće se javlja suradnja među dobavljačkim lancima vidljiva sa slike 2.8. Pri ovakvoj suradnji, određeni poslovni sustavi jednog dobavljačkog lanca surađuju s poslovnim sustavima iz drugih dobavljačkih lanaca, ali pri tome postoje u svakom dobavljačkom lancu i oni poslovni sustavi koji ne surađuju izvan vlastitog dobavljačkog lanca. Preklapanje suradnje u dobavljačkim lancima je obilježje izrazito vidljivo u visokotehnološkim industrijama te je gotovo nužno za uspješan nastup na tržištu.

## 2. 2. Logistika dobavljačkih lanaca

Prema Rushton et al. [69] i Silvi et al. [70], logistika je jedan od osnovnih procesa dobavljačkih lanaca te se bavi planiranjem, prijevozom, skladištenjem i nadzorom proizvoda između proizvođača i kupca odnosno, logistika se može definirati kao strateško upravljanje prijenosom, pohranom i informacijama vezanima za proizvode u dobavljačkom lancu. Porijeklo termina logistika dolazi od francuske riječi “*logistique*” povezane s činom u francuskoj vojsci čija je zadaća bila planirati sve administrativne poslove vezane uz pomak vojnih snaga u 17. stoljeću. Koncept logistike kao poslovne discipline počeo se pojavljivati u poslovnoj literaturi 1960-ih kada se nazivao fizičkom distribucijom. Prvo profesionalno udruženje logističara utemeljeno je 1963. godine kada je skupina stručnjaka i akademika iz SAD osnovala Nacionalno vijeće za



upravu fizičkom distribucijom (eng. *National Council of Physical Distribution Management*) koje je 1985. godine postalo Vijeće upravljanja logistikom (eng. *Council of Logistics Management*) te naposljetku 2004. godine Vijeće profesionalaca za upravljanje dobavljačkim lancima – (eng. *Council of Supply Chain Management Professionals*).



**Slika 2.8.** Dobavljački lanci s djelomičnom suradnjom između članova lanaca prema [66]

Distribucijska mreža spaja dijelove dobavljačkog lanca s tržištem. Poslovni sustavi kontinuirano optimiziraju svoju distribucijsku mrežu s primarnim ciljem smanjivanja troškova kroz smanjenje broja skladišta, broja transportnih sredstava i broja manipulacija s proizvodima. No, smanjivanje broja distribucijskih centara povećava udaljenost između proizvođača i tržišta, a pri tom smanjuje brzinu odaziva na potražnju tržišta čime se prepoznaje ključan aspekt u logistici - uravnoteženje troškova s kvalitetom usluge. Tvrtke moraju uskladiti potrebu za brzinom dobava s troškovima uključenima u transportni model što uključuje težinske potrebe, utovar i istovar, pakiranje, moguća oštećenja pri transportu i bilo koju posebnu uslugu koja je poželjna ili potrebna. Dva najvažnija aspekta logistike su skladištenje i transport, no Coyle et al. [71] navode širi spektar aktivnosti koje se smatraju sastavnim dijelom logistike:

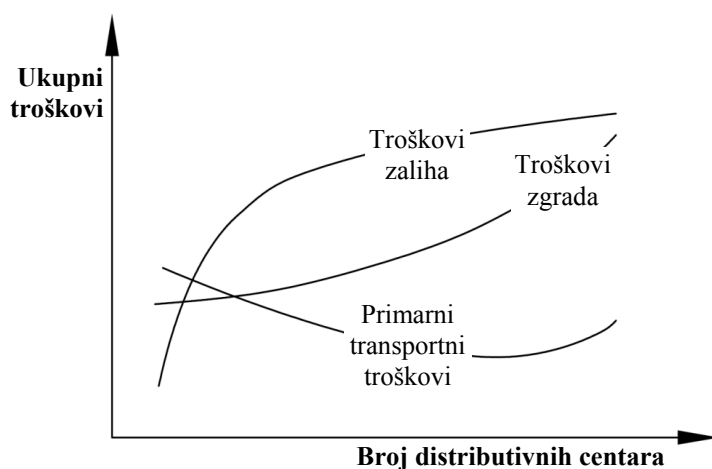
- aktivnosti ispunjavanja narudžbe: transport i logistika su integralni dio ispunjenja narudžbe s obzirom da izravno utječu na isporuku proizvoda,
- skladištenje i pohranjivanje: broj skladišnih kapaciteta utječu na logistiku i transport,
- određivanje lokacija postrojenja i skladišta: lokacija može utjecati na odnose s klijentima,
- upravljanje materijalima: smještaj i kretanje proizvoda unutar skladišta, tvornice ili drugog postrojenja,
- pakiranje: transport utječe na vrstu potrebnog pakiranja. Brze metode transporta obično trebaju malu količinu pakiranja dok sporije metode zahtijevaju sigurnije pakiranje,

- prilagođavanje zaliha potražnji: točno i pouzdano predviđanje potreba je ključno u svrhu efikasnog određivanja razina zaliha što je posebno izraženo kod proizvođača koji teže proizvodnji „upravo na vrijeme“,
- ispunjavanje traženog stupnja zadovoljavanja potražnje tržišta: transport, skladištenje, predviđanje, kontrola zaliha i planiranje proizvodnje imaju izravan utjecaj na zadovoljavanje potražnje tržišta.

Usljed globalizacije, proizvodnja se premješta po svijetu što rezultira povećanim protokom sirovina i proizvoda odnosno, porastom logističkih zahtjeva. Izazov za logistiku je pronaći rješenja koja prate potrebe proizvođača koji zamjenjuju regionalne za globalne strategije dobava i isporuka, pri čemu političke odluke utječu na logistiku u značajnoj mjeri. Planiranje i izgradnja novih cesta, zračnih luka, tračnica i morskih luka su najčešće pothvati vlade. Vrlo je važan i utjecaj naprednih informatičkih tehnologija u logistici. Mobilne i informatičke tehnologije, satelitska komunikacija i pozicioniranje su samo neke tehnologije koje su značajno unaprijedile transport i skladištenje proizvoda.

### 2. 2. 1. Logistički kompromisi i povratna logistika

Kako se broj distribucijskih centara u dobavljačkom lancu povećava, trošak dobave raste zbog tri troškovne komponente vidljive sa slike 2.9 prema Chopra et al. [72] i to: troškova zaliha, troškova zgrada i primarnih transportnih troškova.



**Slika 2.9.** Zavisnost troškova i broja distributivnih centara prema [72]

Troškovi zaliha se povećavaju s brojem distributivnih centara budući se s povećanjem broja skladišta povećavaju ukupna razina zaliha u dobavljačkom lancu. U troškove zgrada se uračunava osiguranje zgrada, komunalni troškovi, troškovi plaća zaposlenika skladišta itd., a ukupan iznos tih troškova prikazan je krivuljom troškova zgrada. Kako se broj distributivnih centara unutar dobavljačkog lanca povećava, primarni transportni troškovi se u početku smanjuju zbog smanjenja transportnih udaljenosti. S daljnjim povećanjem broja distributivnih centara iznad optimuma, količina prevezenih proizvoda po prijevoznom sredstvu se smanjuje

čime primarni transportni troškovi počinju ubrzano rasti što je prikazano s krivuljom primarnih transportnih troškova.

Odluke o izgradnji, prodaji ili promjeni lokacija skladišnih kapaciteta predstavljaju značajan rizik zbog čega su razvijeni programski paketi koji određuju optimalan broj distribucijskih postrojenja uzimajući parametre nužne za donošenje takve odluke. McKinnon et. al. [73] su utvrdili da ti programski paketi najčešće koriste metodu Gravitacijskih središta (eng. *Centre of Gravity*) odnosno, principe analiziranja i optimiziranja distribucijske mreže. Ovom metodom se mogu locirati postrojenja upotrebom ponderiranih podataka o zahtjevima klijenata na mrežnoj karti. Matematički, ova metoda daje optimalne lokacije skladišta ili distribucijskih centara no, prije konačne odluke o optimiziranju i ostali, nematematički faktori poput troška vlasništva na toj lokaciji, dostupnosti školovanih radnika, vremena izgradnje na lokaciji, pristupu dozvolama i potporama, blizini ceste, pruga, zračnog prometa itd. se trebaju uzeti u obzir.

### 2. 2. 2. Upravljanje transportom

Kod modernih globalnih dobavljačkih lanaca, upravljanje transportom predstavlja inovativan dio poslovanja. Često je njegova uloga osigurati da proizvodi budu isporučeni na udaljene lokacije, na vrijeme, bez smanjenja kvalitete i uz minimalne troškove koji mogu značajno utjecati na ukupni trošak proizvoda. Colin et al. [74] su utvrdili da varijable upravljanja transportom uključuju brzinu, pouzdanost, sigurnost, troškove, kvalitetu te okolišne varijable vidljive sa slike 2.10.



**Slika 2.10.** Čimbenici kombiniranih modela transporta prema [74]

Uobičajeno je dostupno pet transportnih modela: zračni, cestovni, željeznički, vodni i cjevovodni. Svaki model ima jedinstvene karakteristike koje zadovoljavaju različite potrebe dobavljačkih lanaca. Odabir transportnog modela ovisi o vrsti proizvoda i specifičnim potrebama proizvoda i klijenata. Važan čimbenik kojeg treba uzeti u obzir prilikom odabira transportnog modela leži u činjenici da su oni međusobno konkurentni. Kako se trošak zračnog

transporta smanjuje, ostalim modelima transporta se smanjuje obim narudžbi. Kombinirani modeli transporta odnosno, kombinirane logističke operacije opisuju transport proizvoda upotrebom dva ili više transportna modela. Kod međunarodnog poslovanja, međunarodni trgovački uvjeti (Incoterms) se koriste kako bi se odredile odgovornosti za logističke aspekte proizvoda u svakom dijelu njegove isporuke.

### 2. 2. 3. Distribucija i planiranje distribucijskih procesa

Dobavljački lanac se sastoji od tri strukture – proizvođača, lanca distribucije i tržišta. Kako broj proizvođača raste, a geografska raširenost potrošača se širi, potreba za unutarnjim i vanjskim posrednicima koji mogu olakšati i pojeftiniti tok proizvoda, usluga i informacija putem distribucijskog procesa raste. Upravljanje distribucijom ima za cilj smanjenje kompleksnosti tehnologijama poput sortiranja, automatizacije i naprednih informacijskih tehnologija. Kako dobavljački lanac raste i postaje kompleksniji, troškovi i nedjelotvornosti se povećavaju. Kao odgovor, neki dobavljački lanci uključuju tvrtke specijalizirane za samo jedan ili par elemenata distribucije, poput skladištenja. Specijalizacija tako poboljšava dobavljački lanac povećanjem brzine dobava uz smanjenje troškova vezanih za prodaju, transport, zalihe, skladištenje, itd. Potreba za detaljnim planiranjem distribucije rezultirala je razvojem metode Planiranja distribucijskih resursa (eng. *Distribution resource planning* - DRP) tijekom 1970–ih. Planiranje distribucijskih resursa je široko korištena metoda za upravljanje izlazno orijentiranim logističkim sustavima kako bi upravljali i smanjili ulazne zalihe [38]. Do 1980–ih Planiranje distribucijskih resursa je postala standardna metoda za planiranje i kontroliranje distribucijskih aktivnosti. Koncept sada obuhvaća sve poslovne funkcije dobavljačkih lanaca, ne samo zalihe i logistiku te je nazvan DRP II. Sustavi Planiranja distribucijskih resursa se obično koriste sa sustavima Planiranja potreba za materijalom, iako je većina DRP modela u određenim dijelovima sveobuhvatnija od MRP modela planiranja.

### 2. 2. 4. Skladištenje

Skladištenje je proces pohrane proizvoda u svrhu ostvarivanja dobiti. Prema Grantu et al. [75] ono stvara jasno definiranu prijelomnu točku između ponude i potražnje u dobavljačkom lancu budući je ovo točka u logističkom sustavu u kojem se proizvodi zadržavaju određeni period, a dobava proizvoda tržištu se prekida čime se stvaraju dodatni troškovi. U širem smislu, skladištenje povećava vremensku dostupnost proizvoda klijentima.

Skladište ili distribucijski centar je prostor koje zaprima proizvode za distribuciju do klijenata ili drugih tvrtki. Upravljanje skladištem je proces koordinacije zaprimljenih proizvoda, pohranjivanja, njihovo praćenje u smislu količine i kvalitete i na kraju distribucija do odgovarajućih lokacija. Cilj skladištenja je postići optimalnu poziciju između minimalizacije ukupnog troška djelatnosti i pri tom pružati poželjnu razinu usluga kod poslovanja. Rad, prostor i oprema su tri glavna elementa koja treba razmotriti pri pokušaju postizanja osnovnog cilja. Ta tri elementa utječu na ukupni trošak bilo koje skladišne djelatnosti. Razina pružene usluge

klijentu biti će određena kroz procese i procedure korištene kod primitka, pohranjivanja i uvjeta pohranjivanja, odabiranja i isporuke proizvoda sa skladišta.

Skladišne tvrtke teže tome da ne služe samo za pohranu već se pretvaraju u „treće logističke dobavljače“ (eng. *Third-party logistics provider - 3PL*) koji pružaju širok spektar usluga i poslovnih funkcija. Uz pakiranje i pohranjivanje paleta, suvremena skladišna postrojenja mogu ponuditi i jednostavne usluge montaže, pozivne centre, etiketiranje itd.

Skladištima se upravlja na nekoliko načina. Javno skladištenje uključuje plaćanje naknade od strane korisnika skladišta za pohranjivanje robe. Privatno skladištenje uključuje pohranjivanje i djelatnosti koje kontrolira samo jedan proizvođač. Iznajmljeno skladište je opcija za stabilnije zalihe. Ugovorno skladište uključuje plaćanje naknade bez obzira koristi li klijent skladišni prostor ili ne; prostor im je uvijek dostupan za korištenje. Rad [76] je utvrdio da ugovorno skladištenje zauzima više od 60% ukupnog skladištenja u SAD. Značajan trend je i kontinuirani rast 3PL dobavljača uz istovremeno smanjivanje troškova upravljanja skladištenjem i distribucijom korištenjem vanjskih izvršitelja.

Ugovorna i javna skladišta zaprimaju proizvode od mnoštva raznih proizvođača i pošiljatelja. Kontrola zaliha je mogućnost određivanja i praćenja proizvoda unutar skladišta kako bi se ubrzao odabir i ukrcaj za isporuku narudžbe te je upravo kontrola zaliha njegov ključni aspekt. To je također proces održavanja dovoljne količine proizvoda za zadovoljavanje potrebe klijenata te istovremeno balansiranje troškova skladištenja. Pretovar robe bez skladištenja (eng. *cross docking*) je tok proizvoda od primitka do slanja gotovo bez skladištenja i ovisi o dostavi proizvoda na vrijeme, u traženoj količini, raspoloživim utovarnim kapacitetima i jasno definiranom narudžbom. Točnost informacija je od vitalne važnosti za uspješnu i brzu uslugu. U prošlosti je upravljanje skladištem bilo ograničeno mogućnošću praćenja zaliha i koordiniranjem aktivnosti bez računala. Značajan napredak se javlja s uvođenjem programskih paketa za skladišno upravljanje. Sustav skladišnog upravljanja (eng. *Warehouse management systems - WMS*) pomaže voditeljima skladišta pri praćenju proizvoda tijekom cijelog pohranjivanja i distribucijskog procesa. Ti sustavi mogu biti vrlo kompleksni, obuhvaćati brojne automatizirane sustave, imati ugrađene programske pakete za upravljanje i unaprjeđivanje zaprimanja narudžbi, olakšavanje bolje organizacije unutar skladišta, upravljanje zalihama itd.

#### **2. 2. 4. 1. Trendovi razvoja skladištenja**

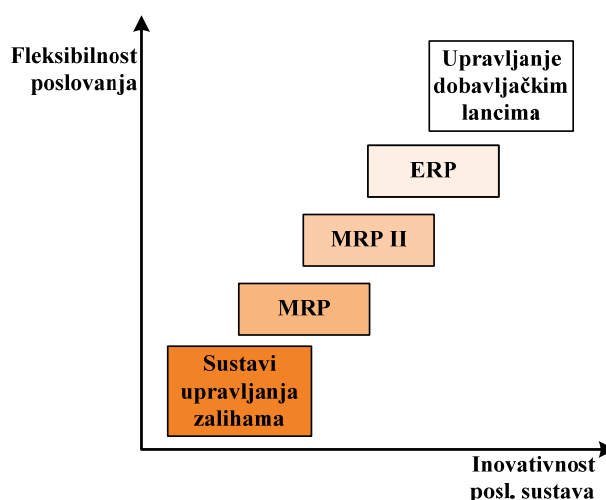
Prema Johnsonu [77] upravljanje skladištenjem je dinamična poslovna grana zbog globalnog trenda kojim se traže brojni distribucijski centri na odgovarajućim lokacijama. Da bi uspjele, skladišne tvrtke moraju biti fleksibilne, ulagati u nove informatičke tehnologije te kontinuirano smanjivati troškove. Moderni trendovi kod skladištenja uključuju identifikaciju radijskom frekvencijom (eng. *Radio-frequency identification - RFID*), sustave upravljanja transportom, *pick-to-light* tehnologijom te glasom aktivirano pakiranje i zaprimanje pošiljki. Sustavi za upravljanje transportom pružaju brojne informacije o pošiljkama prije njihovog fizičkog dolaska u skladište te omogućavaju točnije isporuke i bolje planiranje. Tehnologija

identifikacije radijskom frekvencijom je značajno poboljšala mogućnost efikasnog vođenja zaliha te lociranje određenih dobara unutar skladišta.

Razvoj i sve veća zastupljenost tehnologija identificiranja proizvoda omogućeno je gotovo trenutno i bez greške identificiranje proizvoda i njegovog položaja čak i na vrlo udaljenim lokacijama. Istraživanje od Karkkainen [78] je utvrdilo da se zbog toga implementacija i zastupljenost tehnologija identifikacije radijskom frekvencijom u dobavljačkim lancima značajno povećava te se uz smanjenje investicijskih troškova u novu tehnologiju vrijeme povrata investicije s dvije godine smanjuje na nekoliko mjeseci. Bitna značajka tehnologije identifikacije radijskom frekvencijom je zaštita od interferencija proizvoda kojom se omogućava očitavanje skupine proizvoda sprječavajući međusobno miješanje radiovalova kao i sprječavanje očitavanje istih proizvoda više puta. Kada je proizvod odabran, čitač je u mogućnosti izvesti niz operacija kao što je čitanje serijskog broja ili zapisivanja dodatnih podataka u RFID čipu. Ova značajka omogućava korištenje tehnologije identifikacije radijskom frekvencijom u svakodnevnim operacijama poput inventura, utovara, otpremanja na različite destinacije gdje se u isto vrijeme vrši očitavanje više različitih RFID čipova odjednom uz znatno skraćanje trajanja operacija i smanjenja netočnih isporuka.

### 2. 3. Sustavi nadzora i upravljanja zalihama proizvođača

Dizajn, razvoj i implementacija računalnih sustava s ciljem nadzora zaliha proizvođača započeo je 1960-ih godina Sustavima nadzora zaliha (eng. *Inventory Control Systems*). Zbog pogreški nastalih ručnim unošenjem i sortiranjem, administrativnim i ostalim problemima ručnog unosa podataka, tvrtke su poslovale s velikim rizicima i gubicima vlastitih zaliha. Tada razvijani Sustavi nadzora zaliha su bili uglavnom pisani u programskim jezicima COBOL i FORTRAN i razvijani u vlastitom informatičkom sektoru firme te su bili nekompatibilni. Rad od Radhakrishnan et al. [79] prikazao je pregled razvoja proizvodnih strategija s obzirom na inovativnost poslovnih sustava i fleksibilnost u poslovanju, a vidljiv je na slici 2.11.



Slika 2.11. Pregled razvoja proizvodnih strategija s obzirom na inovativnost poslovnih sustava i fleksibilnost u poslovanju prema [79]

### 2. 3. 1. Metoda planiranja potreba za materijalom

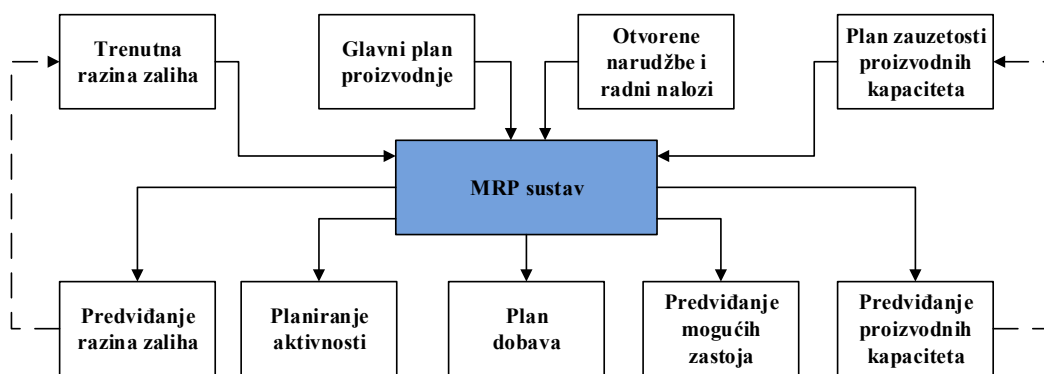
Metoda planiranja potreba za materijalom (eng. *Material requirements planning* - MRP) se počela koristiti 1970-ih godina na osnovi rada dr. Josepha A. Orlickya, američkog inženjera zaposlenog u IBM-u. Metoda planiranja potreba za materijalom je vremenski pomaknut računalni sustav zadužen za planiranje i nadzor proizvodnje i zaliha u tvrtkama. Obuhvaća aktivnosti od naručivanja materijala do isporuke gotovih proizvoda.

MRP metoda planiranja određuje vrstu, količinu i termin kad su sirovine potrebne kako bi se proizvodnja mogla nesmetano odvijati. Način na koji se određuje potrebna količina je slijedeća: ukupna količina sirovina i poluproizvoda potrebnih za proizvodnju s određenim terminom isporuke se uspoređuje s dostupnim količinama na zalihama i količinama u dolasku te se određuje termin početka proizvodnje. Sve potrebne sirovine i poluproizvodi trebaju biti dostupni u tom terminu. Ovaj postupak se ponavlja za svaku isporuku i za svaki proizvod.

Podsustavi nužni za rad MRP sustava su:

- glavni plan proizvodnje (eng. *Master production schedule* – MPS): utvrđuje se temeljem narudžbi uvećanih za planirane buduće potrebe. MPS se u pravilu planira u vremenskim intervalima od tjedna,
- sastavnica (eng. *Bill of material* – BOM): popratni dokument uz nacrt i predstavlja osnovni oblik prikazivanja strukture proizvoda i dijelova. Svrha joj je da odredi sve sastavne jedinice koje sačinjavaju neki proizvod na način da se ta struktura definira pripadnošću pojedinog entiteta nižeg stupnja složenosti nadređenom sklopu sve do finalnog proizvoda. Sastavnice se mogu koristiti kako bi se odredila ukupna potreba za određenim konstrukcijskim jedinicama zadane količine gotovih proizvoda. Nakon određivanja ukupnih količina i tipova potrebnih proizvoda mogu se odrediti sigurnosne zalihe,
- statusa zaliha (eng. *Inventory status file* - ISF): objedinjava podatke o dostupnim zalihama svakog pojedinog proizvoda. Uobičajeno, dokumenti statusa zaliha posjeduju i zapise o uobičajenom vremenu dobave pojedinog proizvoda računajući od vremena naručivanja do zaprimanja na skladište.

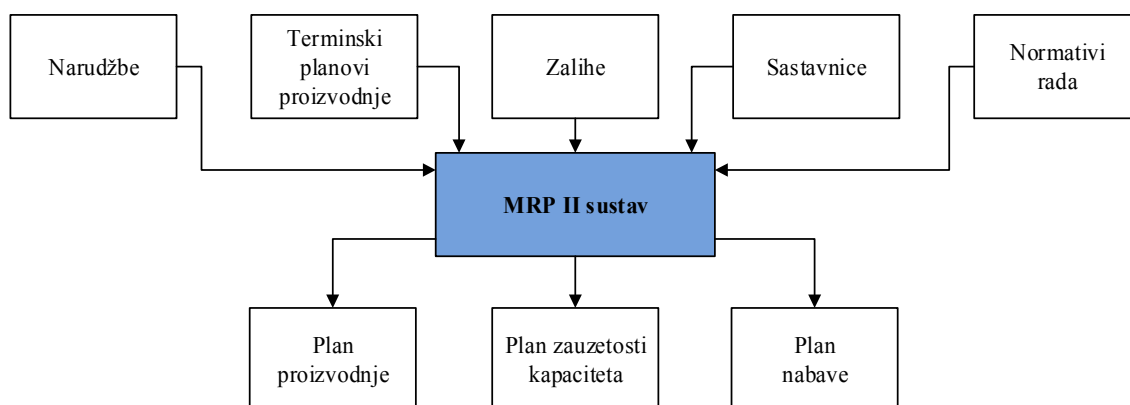
Središnji dio MRP sustava je računalni program koji se kontinuirano izvršava na računalima tvrtke te se sve izmjene vezane za proizvode pohranjuju, a ukoliko dođe do značajnih odstupanja, vrše se i prilagodbe planova. Planiranje kod MRP sustava temelji se na neograničenim proizvodnim kapacitetima. Za određene poslovne procese ovakav pristup može biti prihvatljiv, ali za proizvodnju, uglavnom nije zadovoljavajuće točan te se javlja nemogućnost poštivanja ugovorenih rokova isporuka. MRP sustavi se koriste u tvrtkama svih veličina, a najzastupljeniji su kod onih tvrtki čiji proizvodi su u ranim fazama životnog vijeka proizvoda. Struktura tipičnog MRP sustava je prikazana na slici 2.12 prema [80].



Slika 2.12. Prikaz sastavnih dijelova MRP sustava prema [80]

### 2. 3. 2. Metoda planiranja proizvodnih kapaciteta

Metoda planiranja proizvodnih kapaciteta (eng. *Manufacturing Resources Planning – MRP II*) razvijena je na temelju MRP metode. Oliver Wight je predložio skraćenicu MRP II kako bi se razlikovala od Metode planiranja potreba za materijalom. Početkom 1980-ih, unaprjeđenje planiranja proizvodnih kapaciteta imalo je za cilj uvođenje i ostalih cjelina poslovnog sustava u postupak planiranja poput financija, razvoja proizvoda i nabave. Ovakvo proširivanje pokušalo je odrediti kapacitete proizvodnje, kontrolirati tijek proizvodnje i odrediti potrebe za nesmetanu proizvodnju. MRP II metoda utječe na procese planiranja proizvodnje i upravljanja zalihama, kontrolu kvalitete, računovodstvo i financije te ljudske resurse. Organizacija MRP II sustava i tijek informacija kroz njega prikazani su na slici 2.13 prema [81].



Slika 2.13. Prikaz MRP II sustava i protoka informacija kroz njega, prilagođeno prema [81]

Objedinjavanje ostalih poslovnih funkcija omogućava točnije planiranje i bolju usredotočenost proizvođača na poslovne ciljeve. MRP II sustavi često imaju ugrađene simulacijske module što omogućava korisnicima provođenje analiza i ispitivanje različitih scenarija kako bi se odredili optimalni planovi. MRP II sustavi mogu simulirati ishode odluka na poslovni sustav kao cjelinu, ali i na pojedine poslovne funkcije unutar poslovnog sustava. Izlazni podaci iz MRP II sustava koriste se u financijskim, operativnim, proizvodnim i drugim izvještajima.

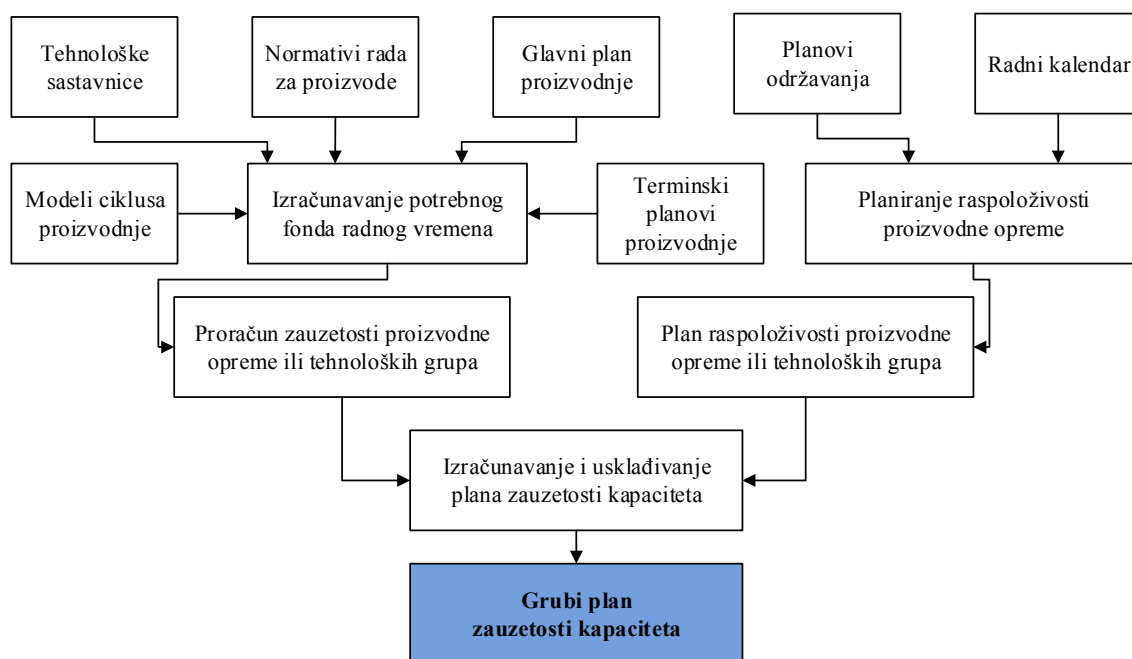
Najveća prednost MRP II u odnosu na MRP sustave je u mogućnosti određivanja zauzetosti kapaciteta proizvodnje, što je prikazano slikom 2.14 prema [82]. Ukoliko MRP II sustav



planiranja utvrdi da će doći do preopterećenja proizvodnih kapaciteta tijekom realizacije plana proizvodnje, planeri proizvodnje mogu na vrijeme izvršiti reorganizaciju proizvodnog osoblja čime izbjegavaju uska grla i kašnjenje ugovorenih planova i povećane troškove ili izmijeniti planove proizvodnje i obavijestiti kupce o promjeni termina isporuke gotovih proizvoda.

Dodatna prednost MRP II sustava u odnosu na MRP sustave planiranja je u mogućnosti točnog planiranja potreba za radnom snagom. Naime, s definiranim i kapacitiranim proizvodnim sustavom, a poznajući plan proizvodnje, moguće je odrediti potrebu za radnicima na određenom proizvodnom kapacitetu. Na taj način, MRP II sustav vrši planiranje ne samo broja potrebnih djelatnika po danima već može određivati i traženu stručnu spremu i potrebne vještine zaposlenika u budućem razdoblju. Ovakvo planiranje značajno olakšava i povećava sigurnost u proces zapošljavanja i planiranja potreba za zaposlenicima.

Točno planiranje kapaciteta proizvodnje posebno je dobilo na značaju povećanjem konkurencije na tržištu budući su poslovni sustavi morali početi voditi računa o zadovoljstvu klijenata uzrokovanom točnošću isporuka. Korištenjem MRP II sustava može se klijentima potvrditi prije same isporuke robe da će ona biti proizvedena i isporučena na vrijeme, a u slučaju da je tijekom bilo koje operacije došlo do zastoja, MRP II sustav može obavijestiti planere proizvodnje o novonastaloj situaciji te bi se, ukoliko se ne može osigurati isporuka unutar dogovorenih termina, obavještavalo kupce o pomaku rokova isporuke. Ovakav sustav informiranja kupaca o statusu njihove narudžbe odnosno terminu isporuke proizvoda značajno je povećao zadovoljstvo kupaca i time povećao prihvaćenost MRP II sustava. Za razliku od MRP sustava planiranja, kod MRP II su računala međusobno povezana te se informacije iz integriranih poslovnih funkcija tvrtke slažu u jedan cjeloviti plan optimizirajući način izvođenja aktivnosti i povećavajući sigurnost realizacije plana.



Slika 2.14. Prikaz planiranja kapaciteta proizvodnje kod MRP II koncepta prema [78]

MRP i MRP II sustavi su informatizirane replike tradicionalnih proizvodnih sustava. Zbog zahtjeva za visokom točnosti zaliha i vrlo čestih kontrola istih, u pravilu se ručno brojanje i nadzor zaliha zamjenjuje kontinuiranim cikličkim nadzorom. Ovime se povećava točnost informacija o zalihama i smanjuje odstupanje od stvarnih vrijednosti čak i kad se ustanovi pogreška u razini zaliha.

MRP II sustav planiranja razvijen je s ciljem da uvede red i osigura provođenje planova proizvodnje u složene proizvodne sustave. Međutim, sustav je utemeljen na MRP sustavu te postojećim znanjima, metodama i tehnologijama proizvodnje što znači da se zastarjele metode i dalje koriste. Razlika u odnosu na proizvodnju prije MRP II sustava leži u činjenici da se sada može relativno lako otkriti koje su to neučinkovite metode proizvodnje te utjecati na njih. Može se zaključiti da MRP II sustavi omogućavaju donošenje taktičkih, ali ne i strateških odluka budući neće unaprjeđivati proizvodnju na način da osiguraju značajno smanjenje proizvodnih cijena ali mogu povećati koeficijent obrtaja zaliha.

### 2. 3. 3. Planiranje resursa poslovnog sustava

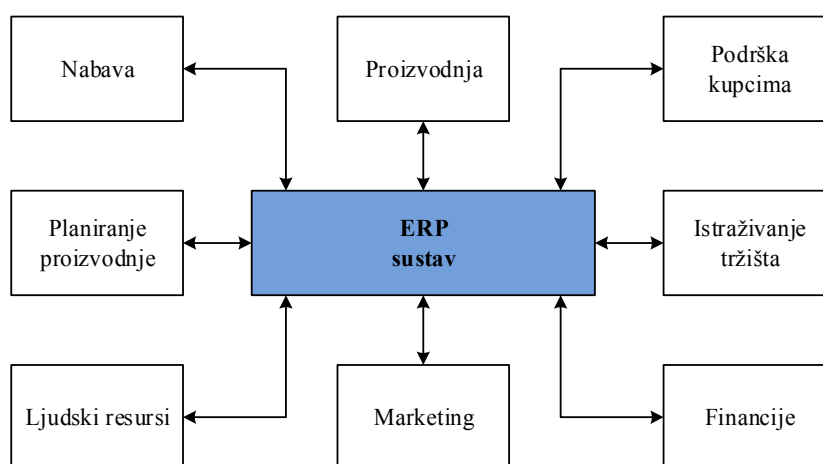
Planiranje resursa poslovnog sustava (eng. *Enterprise resource planning* – ERP) je izraz uveden od strane Gartner Group of Stamford, Connecticut, SAD. ERP sustav planiranja proširuje implementaciju koncept povezivanja baza podataka na sve poslovne procese u poslovnom sustavu. ERP sustav podrazumijeva računalni sustav koji povezuje sve poslovne aktivnosti i procese unutar cijelog poslovnog sustava te su u njega ugrađena brojna rješenja koja se u poslovnim sustavima bez uvedenog ERP sustava mogu primjenjivati odvojeno poput programskih paketa za projektni menadžment, upravljanje dobavljačima i kupcima, upravljanje podacima o proizvodima itd. Cilj ERP sustava je osiguranje pravovremenih informacija o dobavi, proizvodnji, troškovima i isporukama proizvoda, a pružaju podršku kupcu, proizvodnji, smanjenju troškova, kontroli zaliha itd. te ujedno koordiniraju planove i termine procesa poslovnog sustava kako bi se na vrijeme mogli rasporediti resursi materijala odnosno sirovina, zaposlenika, proizvodnih kapaciteta, financija itd. ERP sustavi više razine posjeduju module za unaprjeđenje dizajna proizvoda čime je omogućeno unaprjeđenje i razvoj proizvoda uz istovremenu izmjenu postojećih sastavnica, a sve to prije pokretanja proizvodnje unaprijeđenog proizvoda.

ERP sustavi planiranja su vrlo skupi i zahtijevaju dug proces uvođenja i prilagođavanja zaposlenika, ali ukoliko su uspješno uvedeni omogućavaju ubrzavanje poslovnih procesa, smanjuju pojavu uskih grla i preklapanja poslova te u konačnici osiguravaju značajne uštede u vidu financijskih i ostalih resursa. Visina potrebnih investicija u ERP sustave planiranja vidljiva je na primjeru tvrtke Owens-Corning koja je investirala više od 100 miliona USD kako bi u roku od dvije godine uvela ERP sustav, Chevron je uložio isti iznos, a Microsoft oko 25 miliona USD uz period uvođenja od 10 mjeseci. Međutim, očekivane prednosti ERP sustava su velike pa je tako Microsoft njime zamijenio 33 različita financijska sustava u svojih 26 podružnica s očekivanim uštedama od 18 miliona dolara godišnje, a Chevron očekuje ukupni povrat investicije temeljem ušteda ostvarenih putem ERP sustava u dvije godine. Međutim, postoje i

primjeri iz prakse koji svjedoče o nemogućnosti postizanja pozitivnih poslovnih rezultata uvođenjem ERP sustava planiranja [38].

Osnovni koncept ERP sustava planiranja je centralna pohrana podataka nužnih za donošenje odluka i upravljanjem poslovnim sustavom u realnom vremenu. Razvijeni ERP sustavi uobičajeno posjeduju 30 i više modula za pohranu, povezivanje i analizu podataka, a najčešće korišteni su vidljivi sa slike 2.15 prema [83].

ERP sustavi planiranja su razvijeni kako bi povezali poslove prodaje i predviđanja prodaje s proizvodnjom. Kako se tehnologija ERP sustava razvijala, ugrađeni su i brojni drugi moduli poput logistike i moduli za povezivanje poslovnog sustava u dobavljački lanac. Tako ERP sustavi često posjeduju i mogućnost povezivanja i razmjene podataka preko interneta što omogućuje trenutnu razmjenu podataka s učesnicima dobavljačkog lanca. Cilj ERP sustava je povezati tržišnu stranu dobavljačkog lanca s procesima zaduženim za proizvodnju i isporuku sve do primarnih dobavljača sirovina. Win i Kip [84] su utvrdili da ERP sustavi omogućavaju tvrtkama da automatiziraju i integriraju većinu poslovnih procesa, razmjenjuju podatke i postupke rada unutar cijelog poslovnog sustava te stvaraju i omogućuju trenutni pristup informacijama. Uvođenjem ERP sustava povećava se produktivnost jer se proizvodnja promatra kao kontinuum, počevši od dizajna proizvoda, preko nabave potrebnih sirovina za proizvodnju, same proizvodnje i upravljanja zalihama, sve do distribuiranja i servisiranja na terenu.



**Slika 2.15.** Prikaz modula ERP sustava, prilagođeno prema [83]

Prednosti ERP sustava prema Čupić [85] su:

- brži obrtaj proizvodne imovine: uz pomoć ERP sustava, procesi kao što su planiranje proizvodnje i nabava su automatizirani pa se smanjuju troškovi zaliha do 40%,
- povećanje zadovoljstva kupaca: pružajući pravodobne informacije ERP sustavi omogućuju povećanje ispunjenja narudžbi što rezultira zadovoljstvom kupaca i njihovim zadržavanjem,
- veća preciznost zaliha: automatizirani nadzor i kontrola zaliha zamjenjuje fizičko prebrojavanje u proizvodnim sredinama. ERP sustavi omogućavaju točnost zaliha veću od 98% uz minimalne potrebe fizičkog nadzora,

- vremenske uštede: ERP sustav može skratiti vrijeme proizvodnje grupiranjem sličnih poslova i osiguranjem koordinacije ljudi, alata i strojeva. Planiranjem maksimalne raspoloživosti opreme i učinkovitog održavanja strojeva smanjuju se zastoji uzrokovani kvarovima što utječe na povećanje prihoda bez dodatnih troškova,
- povećana kvaliteta proizvoda: ERP sustav s kvalitetno integriranim proizvodnim modulom povećava učinkovitost proizvodnje te ujedno smanjuje škart i dorade,
- pravovremena naplata: ERP sustav može automatski ispisivati listu dospjelih dugovanja i obavijestiti kupce da im se do podmirenja dugovanja blokira isporuka proizvoda.

Jednako važne prednosti ERP sustava su poboljšanje i standardizacija poslovnih procesa, pristup informacijama u stvarnom vremenu, povećanje fleksibilnosti, smanjenje troškova održavanja jer su razni samostalni sustavi zamijenjeni jednim ERP sustavom, optimizacija dobavljačkog lanca, povećanje prodaje i dobiti, razvoj poslovanja, smanjenje vremena od narudžbe do isporuke, smanjenje operativnih troškova, povećavanje konkurentnosti proizvoda te povećanje kontrole proizvodnje. Kod ERP sustava planiranja, odgovornost svakog pojedinca je znatno veća nego u sustavima bez velikih međuzavisnosti i integriranosti. Pogreške jednog zaposlenika kod unosa podataka u sustav očitavaju se i mogu utjecati na odluke u bilo kojem drugom modulu sustava.

#### **2. 3. 4. Sustav proizvodnje "upravo na vrijeme"**

Sustav proizvodnje "upravo na vrijeme" (eng. *Just in Time* – JIT) predstavlja značajan odmak od tradicionalnog načina proizvodnje s ciljem smanjenja svih oblika škarta nastalih u proizvodnji pri čemu dolazi do promjena u načinu korištenja zaliha. Cjelovit sustav proizvodnje „upravo na vrijeme“ obuhvaća proizvodnju sirovina i poluproizvoda kod dobavljača, njihove isporuke u promatrani poslovni sustav te detaljan plan proizvodnje u njemu. Poslovni sustav mora osigurati zaprimanje sirovina za proizvodnju od svih svojih dobavljača u točno dogovorenom terminu kako proizvodnja ne bi kasnila, a da bi to osigurali, nabava treba vrednovati i prihvatiti samo pouzdane dobavljače. Dobava sirovina se u pravilu vrši izravno u proizvodne pogone, a ne kao u klasičnim proizvodnim sustavima na ulazno skladište. Zbog navedenog, cilj je da ne postoji ulazno skladište sirovina i potreba za kontrolom kod ugradnje. Da bi se osigurale isporuke sirovina isključivo odgovarajuće kvalitete, kontrolu dobavljača vrše nadzorni inženjeri koji provjeravaju da li proizvodni proces dobavljača jamči isporuku kvalitetnih proizvoda u traženoj količini i dinamici. Pritom naručitelj, ukoliko se radi o otklonjivim primjedbama, redovito savjetuje i nadzire prilagodbu proizvodnog procesa s ciljem osiguravanja tražene kvalitete i manjeg postotka škarta.

Nakon što su dobavljači certificirani za kvalitetu proizvoda i mogućnost pravovremene dobave, tvrtka treba ugraditi sustav obavještavanja kako bi dobavljače mogao informirati o količini i tipu proizvoda koje trebaju isporučiti. Ove male isporuke se najčešće vrše do samih proizvodnih kapaciteta čime ulazna skladišta postaju gotovo nepotrebna. Slijedeći korak u sustavu proizvodnje „upravo na vrijeme“ je skraćivanje pripremnih vremena proizvodnih kapaciteta. Kad izmjene alata dugo traju, nastoji se proizvoditi u čim većim serijama kako bi se trošak po

jedinici proizvoda smanjio. Ovaj princip rezultira isporukama u dužim periodima jer se proizvodi više nego što je nužno, povećavaju se zalihe te se povećava količina škarta budući se zbog veće količine proizvoda u seriji greške otkrivaju kasnije. U odnosu na klasične pristupe proizvodnji, proizvodni sustav „upravo na vrijeme“ radi po bitno drugačijem principu – napori proizvodnog osoblja usmjeravaju se na omogućavanje čim kraćih rokova izmjena i podešavanja proizvodnih kapaciteta kako bi se mogle proizvoditi manje serije s niskim troškovima po jedinici proizvoda. Ovaj postupak se najčešće vrši na način da se snima originalna izmjena ili podešavanje te tim inženjera pregledavajući snimku predlaže unaprjeđenja. Uobičajeno se nakon određenog broja iteracija, vremena koja su inače trajala više sati skraćuju na minute.

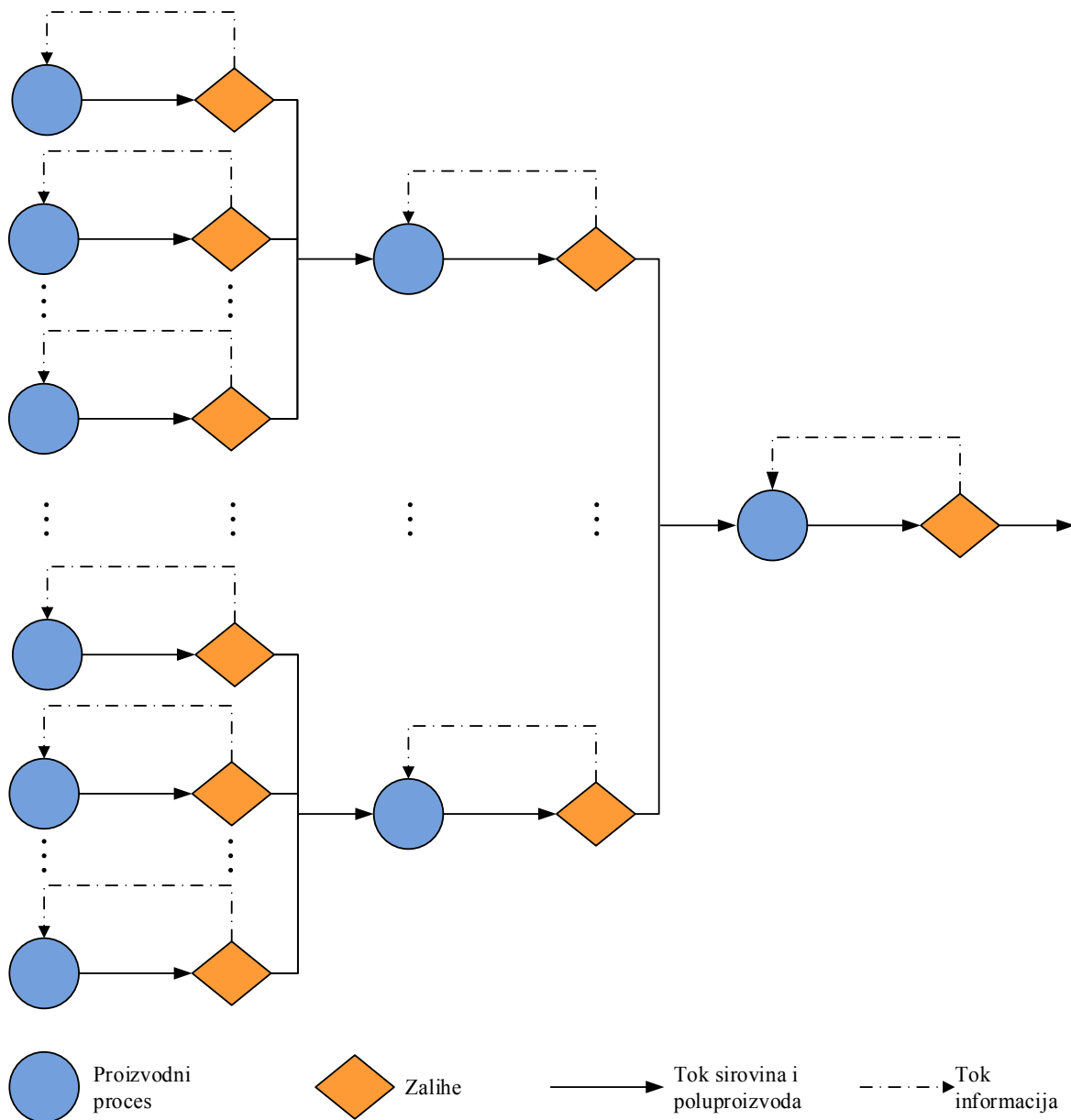
*Kanban* kartica je poziv stroja da mu prethodni stroj dostavi točno određenu količinu proizvoda kako bi mogao nastaviti s proizvodnjom. Ovaj način se zove povlačni odnosno *pull* sustav jer se putem *kanban* kartica povlači potrebna količina proizvoda za nastavak proizvodnje na slijedećem proizvodnom kapacitetu. Ovim pristupom onemogućeno je povećavanje i zadržavanje zaliha u proizvodnji budući se one stvaraju tek po narudžbi višeg po redosljedu proizvodnog kapaciteta kao što je prikazano na slici 2.16 prema [86]. *Kanban* sustav se koristi i za naručivanje proizvoda za što se koriste barkod čitači i druge informatičke tehnologije. Dobavljač za svaku narudžbu mora potvrditi prijem i termin isporuke. Uz *kanban* i ćelijski raspored proizvodnih kapaciteta istovremeno, poslovni sustavi mogu osigurati vrlo niske zalihe za proizvodnju u tijeku.

### 2. 3. 5. Strategije proizvodnje

Moderne strategije proizvodnje i upravljanja zalihama trebaju uzeti u obzir brojne operacijske i taktičke odluke poput pitanja vertikalne integracije, proizvodne opreme i kapaciteta, tehnologije i radne snage i organizacijskih struktura. Metode planiranja proizvodnje su postale toliko zastupljene da više ne predstavljaju značajnu prednost u odnosu na konkurentne poslovne sustave i dobavljačke lance. Za ostvarivanje održive prednosti, potrebno je proširiti i koordinirati planiranje proizvodnje i izvan granica tvrtke. Iako se često smatraju suprotstavljajućima, Proizvodnja „upravo na vrijeme“ i Planiranje resursa poslovnog sustava mogu se smatrati komplementarnim strategijama upravljanja zalihama. U sustavu proizvodnje „upravo na vrijeme“ proizvodnja započinje tek kad je zaprimljena narudžba (*pull* sustav), dok sustav Planiranja resursa poslovnog sustava nadopunjuje ovu strategiju planirajući početak proizvodnje proizvoda kako bi se izbjegla moguća kašnjenja odnosno dugačka čekanja na isporuku proizvoda. ERP sustav predviđa dobivanje *pull* naredbe te započinje proizvodnju kako bi mogao u kraćem roku po dobivanju *pull* naredbe isporučiti proizvode.

Proizvođači u SAD prije uvođenja JIT sustava očekivali su da će MRP II sustavi u 1980-ima riješiti većinu problema sa zalihama i proizvodnjom. Kako to nije uspjelo, ubrzano su pokušavali uvesti JIT sustave što se ponovno pokazalo kao neuspješno te se počela tražiti sinergija ta dva sustava. JIT je prenesen u SAD iz Japana gdje su razvijeni principi Izmjene alata u jednoj minuti (eng. *Single Minute Exchange of Die*) i Izmjene jednim pritiskom (eng. *One Touch Exchange of Die*) koji su omogućavali proizvođačima da ekonomično proizvode i

u malim serijama. Ove strategije zajedno s kontinuiranom suradnjom i kontrolom kvalitete proizvoda, pokazale su se kao dobitan pristup za Japanske proizvodne poslovne sustave. Tvrtkama u SAD trebalo je skoro 10 godina da prilagode i implementiraju sustav proizvodnje „upravo na vrijeme“, princip Izmjene alata u jednoj minuti i Izmjene jednim pritiskom te kontrolu kvalitete.



Slika 2.16. Shematski prikaz Kanban sustava prema [86]

## 2. 4. Upravljanje zalihama

Zalihe su sirovine ili proizvodi koji se drže zbog određene svrhe ili daljnje upotrebe, a mogu biti uskladištene u vlastitom skladišnom prostoru ili u udaljenom skladištu odnosno,

distribucijskom centru. Zalihe vežu novčana sredstva koja mogu biti korištena u druge svrhe. Cilj je osigurati zalihe u pravom iznosu na odgovarajućoj lokaciji u dobavljačkom lancu. Određivanje točnog iznosa zaliha koje je potrebno imati na svakoj lokaciji zahtjeva analizu dobavljačkog lanca povezanu s analizom konkurentskih prednosti koje određuje tržište za taj proizvod. Suradnjom i razmjenom informacija o razinama zaliha i predviđenim isporukama s učesnicima dobavljačkog lanca, proizvođač smanjuje nekurentne zalihe, povećava kvalitetu usluge partnerima i u konačnici zadovoljstvo potrošača.

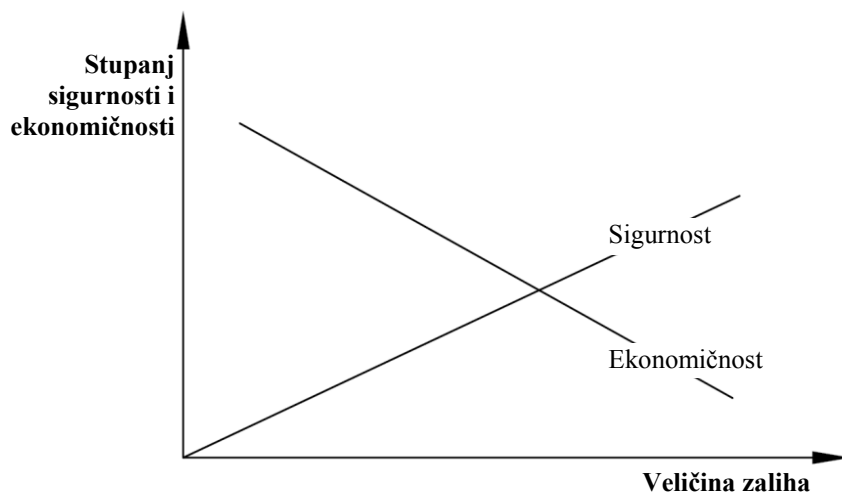
U poslovanju su zalihe nužne zbog slijedećih razloga:

- kontinuirane proizvodnje: proizvođač treba imati određene sirovine, komponente ili podsklopove kako bi se proizvodnja mogla nesmetano odvijati. Nedostatak samo jednog podsklopa rezultira sprječavanjem završavanja proizvodnje završnog proizvoda,
- brzine dobave: brzina dobave je vrijeme koje prođe od izdavanja narudžbe do zaprimanja naručene robe. Ako dobavljač ne može isporučivati tražene proizvode izravno po zahtjevu, onda promatrani poslovni sustav treba držati odgovarajuće količine proizvoda na vlastitom skladištu što znači da što je dulje vrijeme isporuke, to je veća razina proizvoda koju treba skladištiti. Iste posljedice se nameću ukoliko je dobava nepouzdana ili se mogu javljati nedostaci proizvoda kod dobavljača,
- zadovoljavanja potražnje: da bi poslovni sustavi mogli zadovoljavati potražnju tržišta, moraju imati na raspolaganju trenutno dostupne proizvode koje potrošači potražuju. Ako ih nemaju, trgovina na malo će ih naručiti od trgovine na veliko, a ako potrošač može kupiti proizvode od neke druge trgovine na malo, upitno je da li će čekati dobavu proizvoda u prvu trgovinu na malo. Često se dešava da ako proizvod nije trenutno na raspolaganju prodaja je neuspjela iz čega se prepoznajte važnost postotka zadovoljavanja potražnje tržišta,
- izgladivanja potražnje: zalihe se koriste kako bi se osigurala nesmetane isporuke u slučaju nestabilne tržišne potražnje. Zalihe omogućavaju tvrtkama da zadovoljavaju promjene i povećanje potražnje uz ujednačenu proizvodnju bez kašnjenja isporuka uz istovremeni rizik da ukoliko dođe do smanjenja potražnje na zalihama ostaje prevelika količina proizvoda koji nisu tržištu zanimljivi.

Veće zalihe smanjuju ovisnost o povećanoj potražnji na tržištu omogućavajući kontinuiranu isporuku dobara. Međutim, velike zalihe zahtijevaju veliki kapital ugrađen u te zalihe kao što je vidljivo sa slike 2.17 prema Mikac [82]. Kapital ugrađen u zalihe se ne može koristiti za druge potrebe poput ulaganja u proizvodnju, istraživanje ili razvoj. Također, velika razina zaliha smanjuje koeficijent obrtaja zaliha poslovnog sustava.

Suprotstavljajući utjecaji veličina zaliha na uspješnost poslovnog sustava u dobavljačkom lancu prikazani su na slikama 2.18 prilagođeno prema [87] i 2.19 s kojih se vidi kako upravljanje zalihama predstavlja optimiziranje potreba za proizvodima čuvanim na skladištu s čime su povezani troškovi koji rezultiraju iz nabave i držanja zaliha sa suprotstavljajućim ciljem zadovoljavanja čim većeg dijela potražnje tržišta za proizvodima. U situaciji globalne

konkurentnosti, brzog zastarijevanja proizvoda i kontinuiranog smanjenja troškova proizvodnje, visoke zalihe predstavljaju veliki rizik za svaki dobavljački lanac. S druge strane, preniske zalihe će rezultirati nemogućnošću zadovoljavanja potražnje tržišta čime se indirektno stvaraju dugoročne negativne ekonomske posljedice na dobavljački lanac.



**Slika 2.17.** Odnos sigurnosti i ekonomičnosti kod veličine zaliha prema [71]

Istraživanja od Lee et al. [12] i [13] utvrdila su da povećanje zaliha uslijed nemogućnosti točnog predviđanja tržišnih potreba za proizvodima u dobavljačkim lancima može iznositi rezervu proizvoda i do 100 dana, a ako se uzmu u obzir i sirovine potrebne proizvođaču, zalihe mogu biti i veće od godine dana i iznositi i više od 30 milijardi USD. Bloomberg et al. [88], Murphy i Wood [89] i Rushton et al. [90] su utvrdili da jedina dugoročno opravdana strategija u modernim, tržišno orijentiranim dobavljačkim lancima je održavanje optimalne količine zaliha što je posebno značajno u dobavljačkim lancima s proizvođačem kao dominantnim poslovnim sustavom.



**Slika 2.18.** Zadovoljavanje oprečnih ciljeva pri upravljanju zalihama

Velike zalihe omogućavaju stabilniju proizvodnju, ali zahtijevaju veće angažiranje financijskih sredstava. Da bi se taj nedostatak poništio, zalihe je potrebno smanjivati češćim dobavama manjih količina čime se povećava broj ulaza, dopreme, skladištenja, manipulacije, a povećava se i mogućnost zastoja odnosno smanjenje postotka zadovoljavanja potražnje tržišta. Zbog toga je nužno optimiranje visine zaliha i broja dobava na način da ukupni troškovi tih aktivnosti budu što niži. Veličina zaliha mora zadovoljiti dva osnovna, ali kontradiktorna zahtjeva -



sigurnosti i ekonomičnosti na način da veličina bude takva da osigura kontinuirani tijekom procesa proizvodnje i opskrbe tržišta uz što manje troškove dobave, skladištenja i manipulacije. Da bi oba zahtjeva bila zadovoljena potrebno je u obzir uzeti niz čimbenika kao što su vrsta i ritam proizvodnje, dobavna raspoloživost sirovina (broj izvora nabave, uvjeti isporuke i prostorna udaljenost dobavljača), cijena proizvoda, kapacitet skladišta i prostorna zapremina robe, sigurnost isporuke tražene kvalitete robe i slično. Ekonomične su one zalihe koje zadovoljavaju kontinuiranu potrošnju na način da materijal pristiže u traženim količinama, a nova isporuka od dobavljača u odgovarajućoj količini slijedi nakon potrošnje materijala u proizvodnom procesu. Takve zalihe stvaraju relativno male troškove uz visok koeficijent obrtaja. Preduvjeti za to su prihvatljiva udaljenost dobavljača od proizvođača i sigurnost primijenjenog sustava dobave.



**Slika 2.19.** Suprotstavljajući utjecaji veličina zaliha na uspješnost poslovnog sustava

Upravljanje zalihama karakteriziraju odluke o tome kada i koliko kojih proizvoda naručiti te se najčešće temelji ili na kontinuiranom pregledu zaliha uz konstantnu dobavnu količinu, ili na periodičkoj provjeri zaliha uz promjenjive dobavne količine. Određivanje količina i vremena dobave uključuje brojne parametre. Potražnja tržišta je neizvjesna osim u slučaju da kupci naruče proizvode i spremni su ih čekati čime potražnja postaje poznata, a narudžbe sigurne. U svim ostalim slučajevima, zalihe se ne prilagođavaju točnim vrijednostima predviđanja potražnje već se upravljanje zalihama vrši tako da su zalihe veće od predviđene potražnje.

#### 2. 4. 1. Modeli upravljanja zalihama dobavljačkih lanaca

Postoji nekoliko pristupa upravljanju zalihama u dobavljačkom lancu. Po Swaminatham et al. [91] dva osnovna modela upravljanja zalihama u dobavljačkim lancima su centralizirani model i decentralizirani model. Centralizirani model upravljanja zalihama uzima u obzir razine zaliha kod svih poslovnih sustava unutar dobavljačkog lanca kao da se radi o jednom poslovnom sustavu. Mogućnost trenutnog pristupa svim podacima o prodaji i zalihama svakog učesnika dobavljačkog lanca je nužnost za implementaciju centraliziranog modela upravljanja zaliha. Tipičan centralizirani model upravljanja zalihama dobavljačkog lanca najčešće se koristi kod dobavljačkih lanaca s dobavljačem upravljanim zalihama [92], [93], [94], [95].

U decentraliziranom modelu upravljanja zalihama svaki učesnik dobavljačkog lanca optimizira razinu zaliha, termine i količine dobava i ostale čimbenike prema svojim kriterijima, odnosno,

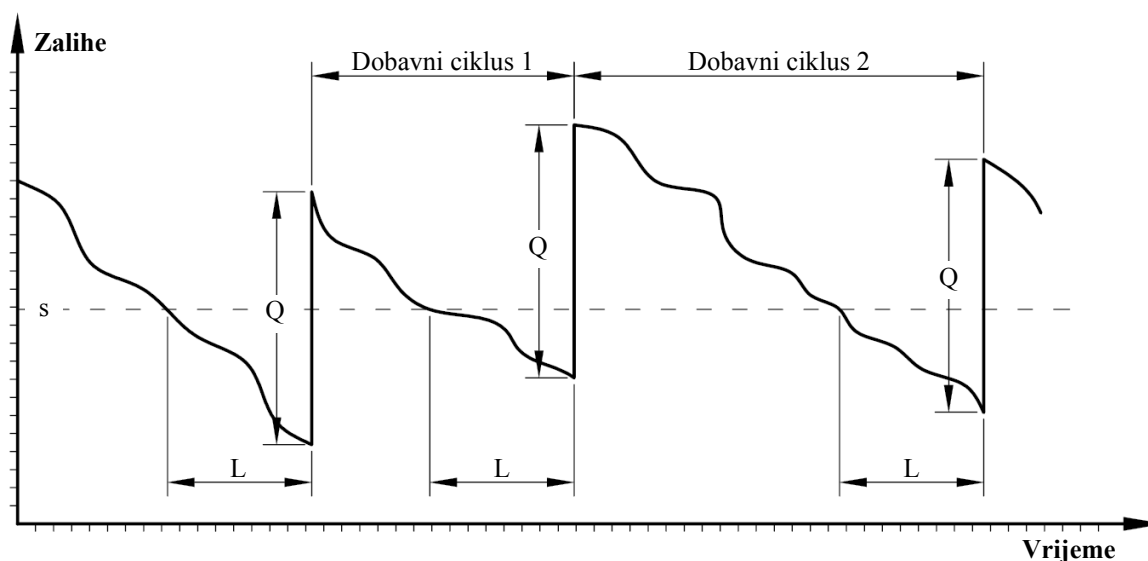
u decentraliziranom modelu upravljanja zalihama, svaki učesnik lokalno optimizira zalihe. Druga klasifikacija upravljanja zalihama, prema Silver et al. [96] definirana je trenutkom odluke o nadopunjavanju zalihama. Pri tome, odluke o nadopuni zaliha se mogu donositi nakon svake promjene razine zaliha pri čemu se taj model upravljanja zalihama naziva model upravljanja s kontinuiranom provjerom ili se razina zaliha provjerava u točno određenim, unaprijed utvrđenim periodima, nevezanima za promjene zaliha pri čemu se taj model upravljanja zalihama naziva model upravljanja zalihama s periodičnim provjerama. Oba modela dijele se dalje u dva osnovna tipa upravljanja zalihama.

#### 2. 4. 1. 1. Modeli upravljanja zalihama s kontinuiranom provjerom

Ukoliko se provjera vrši nakon svake promjene razine zaliha, model upravljanja zalihama naziva se model s kontinuiranom provjerom.

##### 2. 4. 1. 1. 1 Model upravljanja zalihama s kontinuiranom provjerom i nadopunom zaliha unaprijed utvrđenom količinom proizvoda - (s, Q) model

Kod (s, Q) modela upravljanja zalihama vidljivog sa slike 2.20, naručuje se unaprijed utvrđena količina proizvoda (Q) kad je razina zaliha manja ili jednaka razini ponovnog naručivanja (s), a pritom je vrijeme između narudžbi promjenjiva varijabla. Podrazumijeva se da je vrijeme dobave proizvoda (L) nepromjenjivo, a dobavni ciklus odnosno, period od zadnje dobave proizvoda do promatrane dobave, je pritom promjenjiv i zavisi od potražnje.

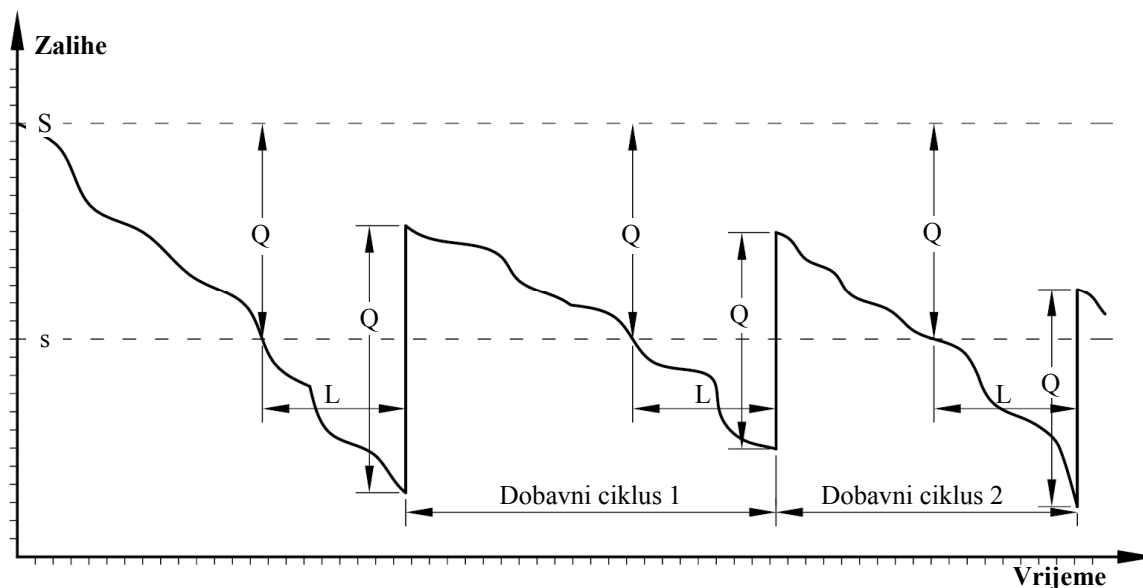


Slika 2.20. (s, Q) model upravljanja zalihama

##### 2. 4. 1. 1. 2 Model upravljanja zalihama s kontinuiranom provjerom i nadopunom nakon utvrđene razine zaliha manje od razine ponovnog naručivanja - (s, S) model

Kod (s, S) modela upravljanja zalihama prikazanog na slici 2.21, naručuje se količina proizvoda (Q) kad je razina zaliha manja ili jednaka razini ponovnog naručivanja (s), a pritom je vrijeme između narudžbi promjenjiva varijabla. Količina proizvoda koji se naručuju (Q) je razlika

razine nadopune ( $S$ ) i razine ponovnog naručivanja ( $s$ ). Podrazumijeva se da je vrijeme dobave proizvoda ( $L$ ) nepromjenjivo, a dobavni ciklus promjenjiv i zavisin od potražnje.



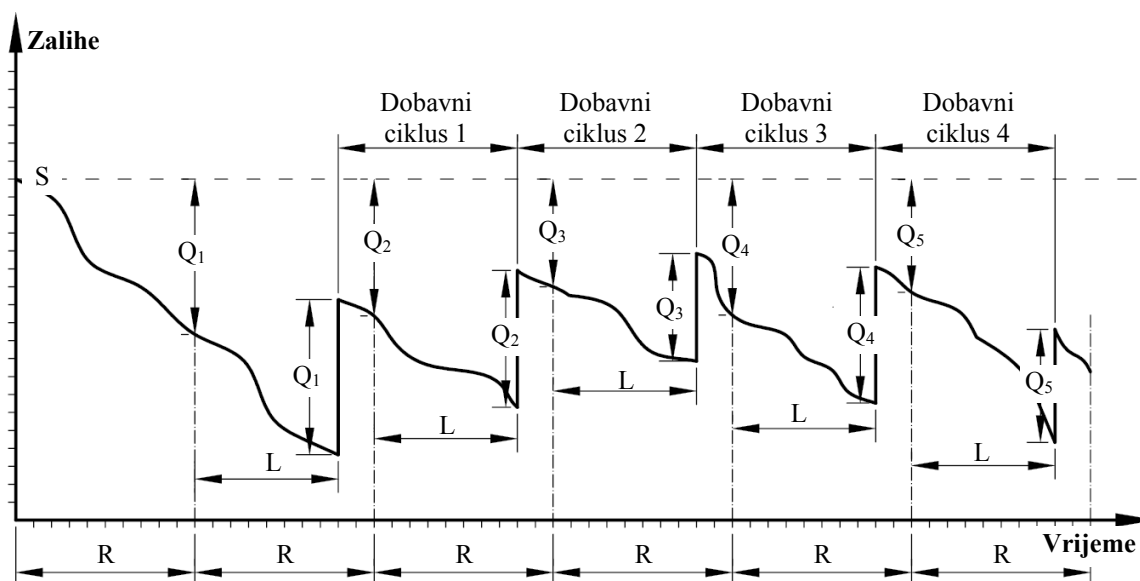
Slika 2.21. (s, S) model upravljanja zalihama

#### 2. 4. 1. 2. Modeli upravljanja zalihama s periodičnim provjerama

Ukoliko se razine zaliha provjeravaju u nekom unaprijed utvrđenom intervalu, sustav upravljanja zaliha se naziva model upravljanja zalihama s periodičnim provjerama.

##### 2. 4. 1. 2. 1 Model upravljanja zalihama s periodičnim provjerama i nadopunom nakon svake provjere - (R, S) model

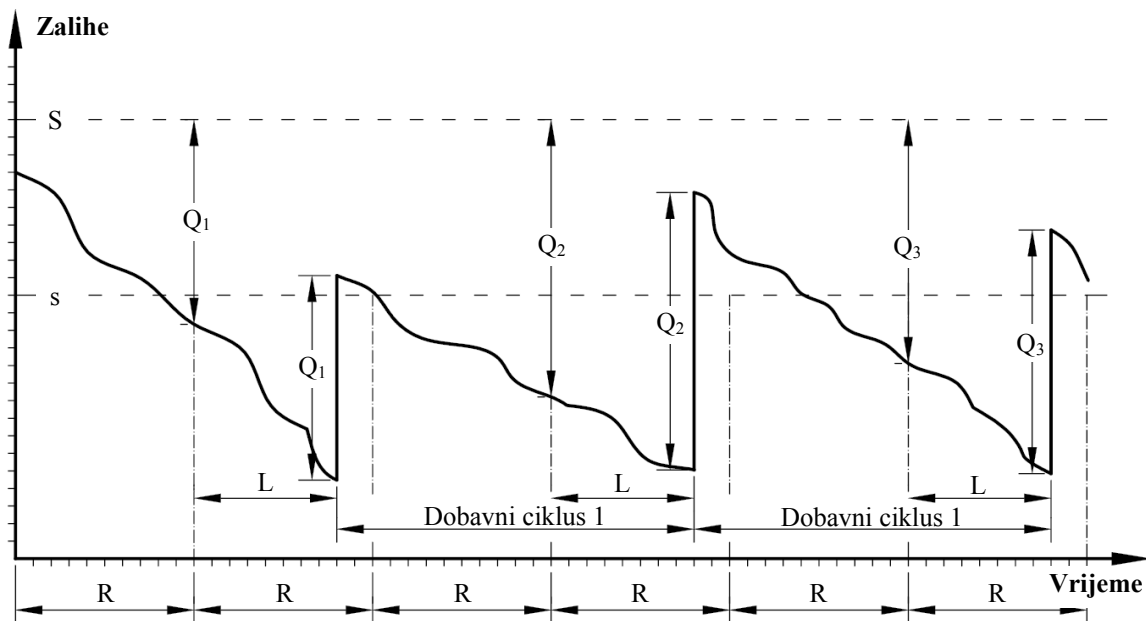
Kod ovog modela upravljanja zalihama, u pravilnim vremenskim periodima ( $R$ ) provjerava se razina zaliha te se nakon svake provjere vrši narudžba odgovarajuće količine proizvoda ( $Q$ ) koja nedostaje do razine nadopune ( $S$ ), vidljivo na slici 2.22. Kod ovog modela upravljanja zalihama, konstantni su termini provjere zaliha, vremena dobave proizvoda ( $L$ ) i dobavni ciklusi budući da oni ovise o terminima pokretanja narudžbi i vremenima dobave.



Slika 2.22. (R, S) model upravljanja zalihama

#### 2. 4. 1. 2. 2 Model upravljanja zalihama s periodičnim provjerama i nadopunom nakon provjere koja je utvrdila razinu zaliha manju od razine ponovnog naručivanja - (R, s, S) model

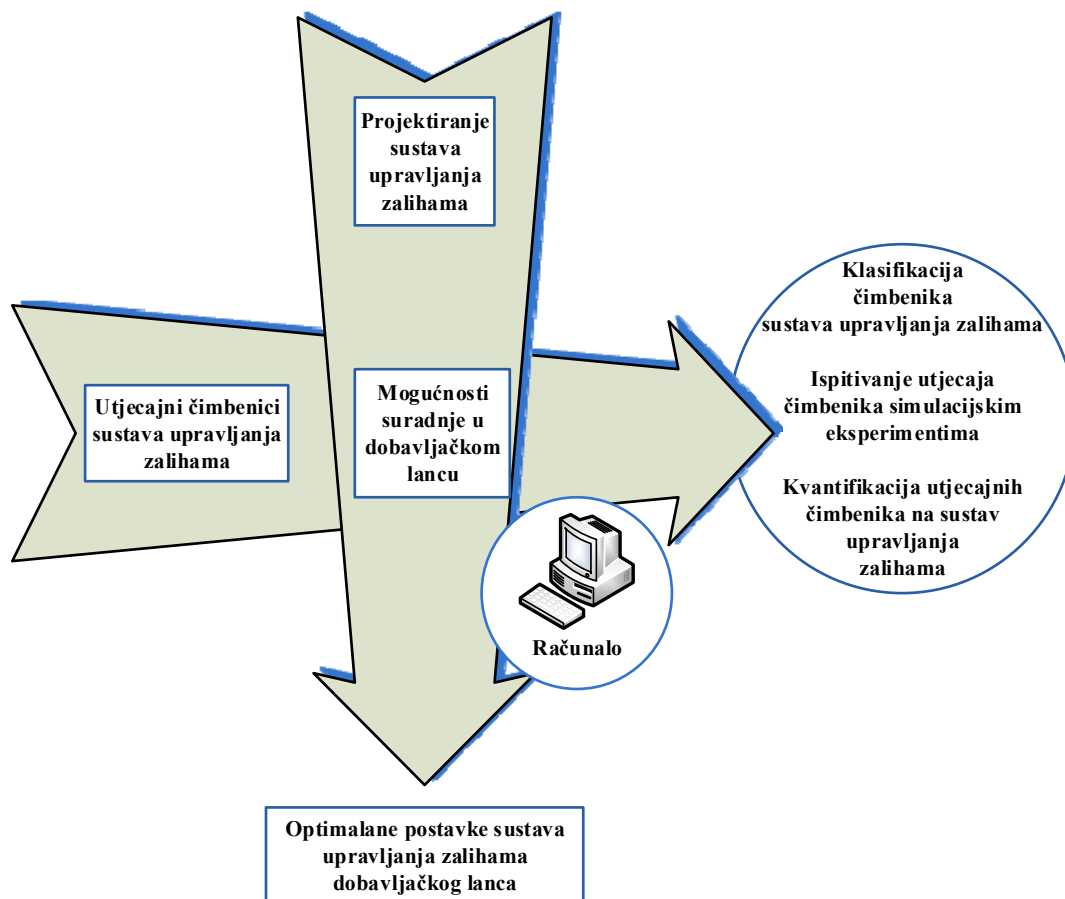
Kod modela upravljanja zalihama s periodičnim provjerama i naručivanjem nakon provjere koja je utvrdila razinu zaliha manju od razine ponovnog naručivanja ili kraće (R, s, S) modela upravljanja zalihama, stanje zaliha se provjerava periodično u jednakim vremenskim razmacima (R). Razina do koje se nadopunjuju zalihe se naziva razina nadopune (S) ili OUT razina (eng. *order-up-to*), a narudžbe se izdaju samo kad je provjerom nakon utvrđenog perioda ustanovljena razina zaliha ispod razine ponovnog naručivanja (s). Razlika razine nadopune i razine ponovnog naručivanja zove se standardna veličina narudžbe ( $Q_{st}$ ), a veličina narudžbe je takva da ne prelazi razinu nadopune pri čemu je veličina narudžbe višekratnik minimalne veličine narudžbe. Zavisno od dobavljača i ugovorenih obaveza oko naručivanja, mogu postojati uvjeti oko količine proizvoda koje se moraju naručiti (npr. u slučaju pakiranja, paleta s proizvodima i sl.). Prikaz modela upravljanja zalihama s periodičnim provjerama i naručivanjem nakon provjere koja je utvrdila razinu zaliha manju od razine ponovnog naručivanja prikazan je na slici 2.23.



**Slika 2.23.** (R, s, S) model upravljanja zalihama

Istraživanja od Gilberta [97] i Pottera et al. [98] su utvrdila da je ovaj model upravljanja zalihama gotovo standard u modernim poslovnim sustavima sa sustavima planiranja proizvodnje poput MRP II i ERP korišten s ciljem optimiziranog upravljanja zalihama i financijskih opterećenja poslovnih sustava u dobavljačkim lancima, a sve u funkciji optimalnog zadovoljavanja potražnje tržišta, dok su radovi od Scarfa [99], Igleharta [100] i Veinotta i Wagnera [101] utvrdili da u slučajevima kaotične potražnje ovakav sustav upravljanja zalihama pokazuje optimalne rezultate.

Analizirajući uvjete suradnje u dobavljačkom lancu i postupak dobivanja optimalnih postavki sustava upravljanja zalihama, uočavaju se izražajni problemi integriranja utjecajnih čimbenika sa kvantificiranim pokazateljima sustava upravljanja zaliha. Zbog toga će razvojem napredne metode optimalnog upravljanja zalihama biti moguće iterativnim postupkom odrediti optimalne scenarije upravljanja zalihama za što su nam potrebni mogući uvjeti suradnje između učesnika dobavljačkog lanca, programsko rješenje za određivanje optimalnog simulacijskog eksperimenta i cilj odnosno, optimalno rješenje sustava upravljanja zalihama što je vidljivo sa slike 2.24.



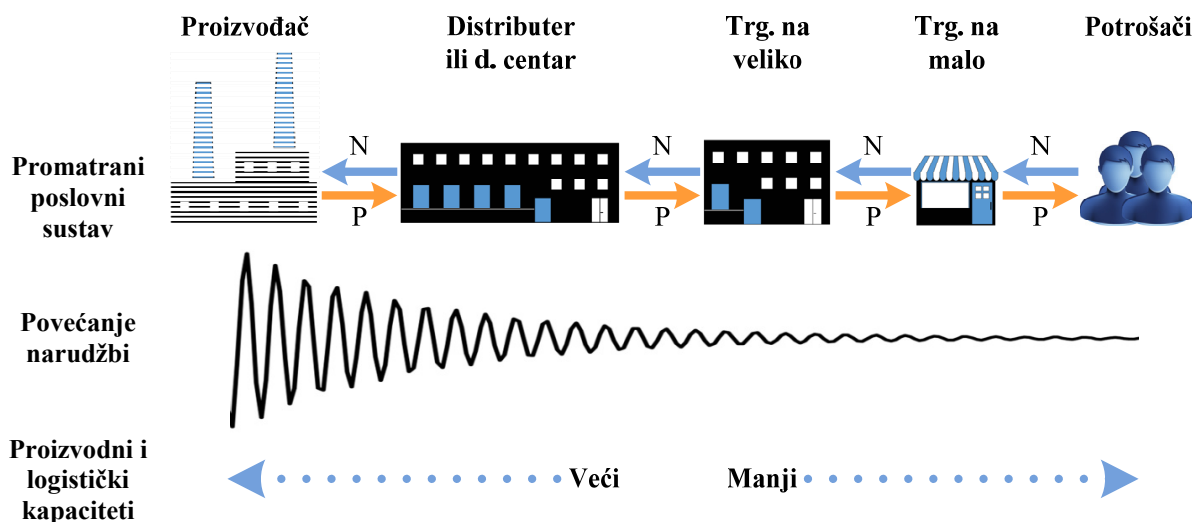
Slika 2.24. Osnovna problematika optimalnog upravljanja zalihama dobavljačkog lanca

## 2. 5. Efekt biča

Forrester [102] je ustanovio da se oscilacije potražnje tržišta često povećavaju putem kroz dobavljački lanac u smjeru proizvođača, a takvo neželjeno povećavanje uzrokovano je nemogućnosti točnog predviđanja budućih potražnje tržišta i činjenicom da su vremena dobave proizvoda realne vrijednosti odnosno, dobava se nikad ne ostvari trenutno nakon izdavanja narudžbe. Ovaj efekt se naziva Forresterov efekt i jedan je od osnovnih pokazatelja smanjene učinkovitosti dobavljačkog lanca, a prikazan je na slici 2.25.

Prema Chaharsooghi et al. [103], iskrivljavanje informacija koje se povećava putem svakog poslovnog sustava je jedan od najvećih problema modernih dobavljačkih lanaca. Daljnji Forresterov rad [104] je utvrdio da do pojave ovog efekta dolazi i zbog vremenski promjenjivih uvjeta poslovanja te predlaže metodologiju simulacije dinamičkih modela poslovnih sustava. Forrester je ovaj tip oscilacija koje se pojačavaju kroz dobavljački lanac u smjeru od tržišta prema proizvođaču nazvao efektom biča (eng. *Bullwhip effect*). Sterman je u svojem radu [28] potvrdio pojavu efekta biča simulacijskim eksperimentom utemeljenim na simulaciji dobavljačkog lanca nazvanom Igra distribucije piva (eng. *Beer Distribution Game*) u kojoj četiri igrača nezavisno upravljaju zalihama bez međusobne razmjene informacija ili dogovaranja strategija, a izravno zaprimljene narudžbe su jedine informacije kojima igrači

raspoložu. Stermanovo istraživanje je pokazalo da odluke igrača uvijek uzrokuju sustavno neracionalno ponašanje koje rezultira nepotrebnim povećanjem zaliha i negativnim posljedicama po cijeli dobavljački lanac, povećanu logističku aktivnost uz smanjenu stopu zadovoljavanja potražnje tržišta te u konačnici i negativne financijske posljedice.



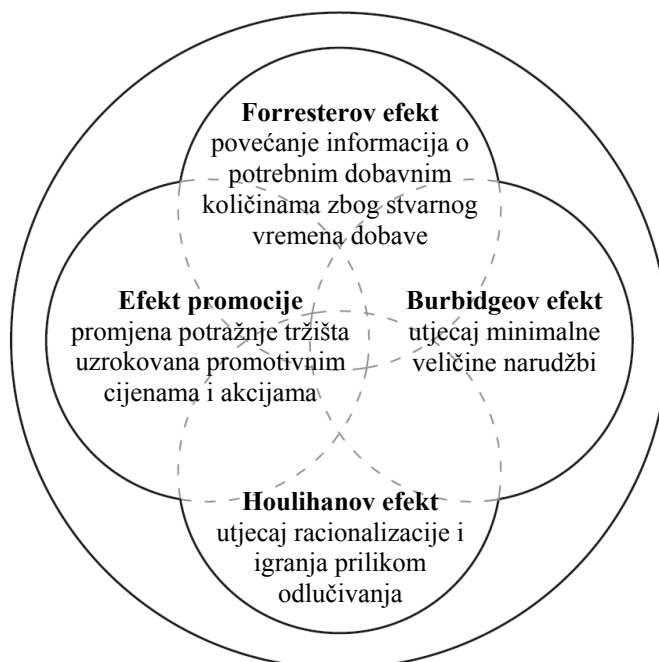
Slika 2.25. Oscilacija potražnje u dobavljačkim lancima u smjeru proizvođača prema [114]

Istraživanje od Lee et al. [13] je pokazalo kako je efekt biča uzrokovan slijedećim čimbenicima, vidljivima sa slike 2.26:

1. Foresterovim efektom odnosno, povećanjem informacija o potrebnim dobavnim količinama zbog stvarnog vremena dobave,
2. Burbidgeovim efektom prema [105] odnosno, minimalnom veličinom narudžbi koja je u funkciji određivanja optimalne ekonomske veličine serije (u proizvodnji, transportu itd.) za što se često koristi model Ekonomične veličine narudžbe (eng. *Economic Order Quantity* – EOQ),
3. efektom promocije odnosno, činjenicom da do značajnih promjena u potražnji tržišta dolazi i zbog promotivnih akcija i popusta,
4. Houlihanovim efektom prema [22] koji je prepoznao povećano naručivanje zbog smanjenja očekivanih nemogućnosti zadovoljavanja potražnje tržišta uzrokovanih nedostacima proizvoda. Povećano opterećenje na proizvođača uzrokovano Houlihanovim efektom dodatno smanjuje pouzdanost isporuka što rezultira povećanjem zaliha i daljnjim iskrivljenjem informacija o potražnji tržišta. Efekt biča je često uzrokovan potrebom osoba koje upravljaju narudžbama i zalihama da „igraju na sigurno“, odnosno da pored potvrđene narudžbe „radi sigurnosti i budućih isporuka“ naruče od dobavljača veću količinu proizvoda.

Ova četiri čimbenika uzrokuju povećanje varijance potražnje. Dodatni uzrok efekta biča utvrđen radom Stermana [2] javlja se zbog ograničene ljudske mogućnosti percepcije i upravljanja kompleksnim dinamičkim sustavima. Navedena, ali i brojna druga istraživanja poput [106], [107], [108] su pokazala negativan utjecaj ljudskog ponašanja i percepcije (eng.

*behavioural causes*) na povećanje efekta biča odnosno, negativne posljedice na dobavljački lanac. Učestalost pojave efekta biča u industrijama je utvrđena slijedećim radovima: u farmaceutskoj industriji [109], u industriji poluvodičkih sklopova i računala [110], u industriji potrošnih dječjih proizvoda [111], u prehrambenoj industriji [12], [112], u automobilske industriji [113] te u industriji kućanskih električnih aparata [114].



**Slika 2.26.** Četiri uzroka efekta biča prema [13]

Budući da većina tvrtki i dalje komunicira sa svojim kupcima i dobavljačima putem telefona, faxova ili elektroničke pošte što uzrokuje kašnjenje u prijenosu informacija i narudžbi, a ne smanjuje greške, dobavljački lanci su izloženi negativnim utjecajima efekta biča i povećanim rizicima poslovanja [115], [27], [13]. Sustavi za napredno planiranje i terminiranje (eng. *Advanced planning and scheduling*) kao i sustavi Planiranja resursa poslovnog sustava ne omogućavaju potpunu podršku integraciji i koordinaciji planiranja proizvodnje i dobave te kontrolu svih aktivnosti dobavljačkog lanca [116], [117], a prema Boylu et al. dodatni otežavajući čimbenik je i činjenica da ovi sustavi zahtijevaju značajne financijske investicije te se rijetko mogu implementirati u poslovne sustave manje ili srednje veličine [118].

Proučavanjem prijenosa informacija o dobavi predložen je teoretski okvir za procjenu iskrivljenja informacija na svom putu kroz dobavljački lanac. Lee et. al. su radom [12] postavili temelj istraživanja efekta biča pretpostavivši da prošli zahtjevi za dobavom nisu uzeti u predviđanje budućih potražnji, nadopunjavanje je moguće u neograničenim količinama s fiksnim vremenom dobave, ne postoji fiksni trošak narudžbe i nabavna cijena proizvoda je nepromjenjiva tijekom vremena.

S druge strane, potražnja promatrana u okviru dobavljačkog lanca je često neujednačena i nepredvidiva te se često treba individualno prilagoditi simulacijskim eksperimentima zbog čega uvođenje koeficijenta i apsolutnih pokazatelja, bez detaljne razrade i opisa takvih



simulacijskih eksperimenata, a za tako neodređene i nejasno povezane parametre nije uvijek prikladno [119], [120], [121]. Kada je teško točno predvidjeti i kontrolirati potražnju na tržištu, simulacijski eksperimenti se koriste kako bi ispitala pojava i veličina efekta biča. Moguće je da se efekt biča pojavljuje u minimalnom iznosu u trgovini na malo, ali da se povećava putujući kroz dobavljački lanac te da proizvođač bude izložen njegovim negativnim posljedicama [122], [123], [124]. Ovakvi načini ispitivanja efekta biča su prihvatljiva metoda analize dobavljačkih lanaca jer operativne strategije učesnika dobavljačkog lanca temeljene na rezultatima ovih testova povećavaju stabilnost sustava bez obzira na uvjete tržišta. Pozitivne rezultate primjene simulacijskih eksperimenata potvrdili su i radovi od Ouyang i Daganzo [125] kao i Baccadoro et al. [126].

Neka od najznačajnijih istraživanja koja su potvrdila značajne razmjere negativnog utjecaja efekta biča na povećanje troškova dobavljačkih lanaca prema Cooku [127] i Lee et al. [13] su:

1. vezana za industrijsku proizvodnju i makroekonomske pokazatelje [11], [128], [129], [130],
2. pomoću simulacijskih eksperimenata [28], [131], [132].

Za smanjenje efekta biča predložene su različite metode pa tako Van Ackere et. al. [133] predlažu tri metode:

1. redizajn (preoblikovanje) fizičkih procesa poput smanjenja vremena isporuka ili odstranjivanje/redukciju kanala za prijenos informacija odnosno jednog ili više poslovnih sustava,
2. redizajn (preoblikovanje) kanala informacija na način da podaci o stvarnoj potražnji tržišta prenose u neizmijenjenom obliku prema proizvođaču,
3. redizajn procesa odlučivanja o zalihama proizvoda – izmjena postojećeg ili odabir drugog tipa upravljanja zalihama.

Određivanje veličine efekta biča vrše se na nekoliko načina. Warburton [134] izračunava odnos veličine narudžbe i potražnje, no međutim Lee et al. [12], Chen et al. [135] i brojni drugi istraživači izračunavaju ga putem odnosa varijanci narudžbe i potražnje bez uzimanja u obzir vrijeme dobave proizvoda.

$$\text{Efekt biča } (E_B) = \frac{\sigma_{DOB}^2 / \mu_{DOB}}{\sigma_{POT}^2 / \mu_{POT}}$$

Pri čemu je:

- $\sigma_{DOB}^2$  varijanca dobave promatranog poslovnog sustava
- $\mu_{DOB}$  prosječna veličina dobave promatranog poslovnog sustava
- $\sigma_{POT}^2$  varijanca potražnje promatranog poslovnog sustava
- $\mu_{POT}$  srednja vrijednost potražnje promatranog poslovnog sustava

Ovakav način određivanja efekta biča koristiti će se i u simulacijskim eksperimentima ovog doktorskog rada.

Prikaz relevantnih istraživanja efekta biča putem različitih sustava upravljanja zalihama i brojnim pokazateljima uspješnosti dobavljačkih lanaca, prema Ciancimino et al. [136] prikazan je u tablici 2.3.

**Tablica 2.3.** Prikaz istraživanja efekta biča u dobavljačkim lancima prema [159]

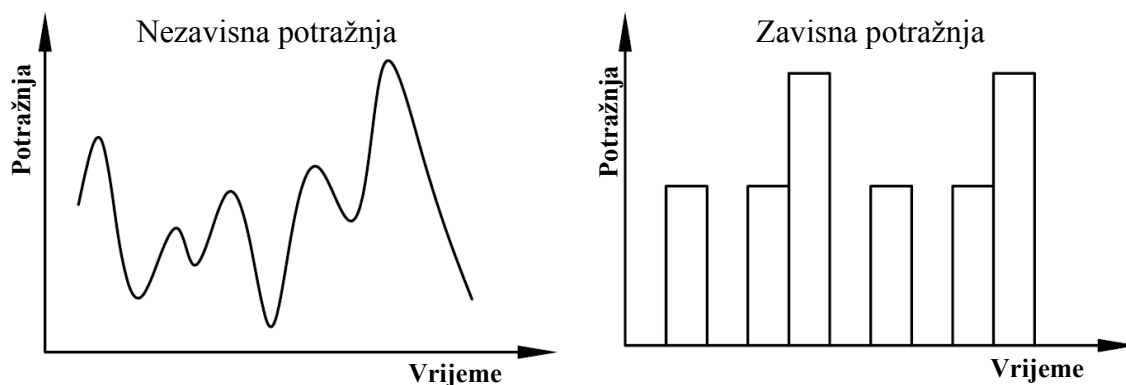
Autori	Metodologija	Mjerenje performansi	Predmet proučavanja
Chen et al. [5]	Statističke metode	Varijance (VAR) narudžbi	Odnos između efekta biča, predviđanja potražnje i razmjene informacije.
Dejonckheere et al. [7]	Diskretne vr. serije	Omjer troškova i amplituda narudžbi	Odnos između smanjenja eksponencijalne konstante izgladivanja predviđanja potražnje i efekta biča.
Dejonckheere et al. [8]	Diskretne vr. serije, Metode optimizacije	VAR narudžbi	Tehnike predviđanja potražnje u OUT sustavu upravljanja zalihama.
Zhang [137]	Metode optimizacije	VAR narudžbi	Utjecaj predviđanja potražnje na efekt biča, odnos povećanja potražnje i smanjenja dobave.
Chandra i Grabis [138]	Simulacije tabličnim proračunima	VAR narudžbi i zaliha	Usporedba tehnika predviđanja kod OUT i MRP sustava. Prednosti autoregresijskih modela u serijski povezanim dobavljačkim lancima.
Ingalls et al. [139]	Simulacije proračunima, Statističke metode	VAR narudžbi i neispor. potražnji	Tehnike predviđanja s ciljem smanjenja efekta biča.
Disney et al. [140]	Diskretne vr. serije	VAR narudžbi i zaliha, PZPT	Povećanje varijanci narudžbi i zaliha kao funkcija izgladivanja i predviđanja u odnosu na PZPT.
Kelepouris et al. [141]	Simulacije tabličnim proračunima	VAR narudžbi, PZPT	Utjecaj vremena dobave, eksponencijalnog izgladivanja i sigurnosnih zaliha na efekt biča.
Wright i Yuan [142]	Kontinuirane vr. serije	VAR narudžbi, Troškovi	Utjecaj tehnike predviđanja i prilagođavanja razina zaliha na stabilnost proizvodnje u dobavljačkom lancu.
Chatfield et al. [143]	Objektno orijentirane simulacije	VAR narudžbi	Odnos između efekta biča i vremena dobave, razmjene informacija o potražnji i podataka korištenih za predviđanje točnog vremena dobave.
Boute et al. [144]	Diskretne vr. serije	PZPT	Smanjenje troškova zaliha skraćivanjem vremena dobave i smanjenjem njenih oscilacija putem izgladivanja proizvodnje.
Jakšić i Rusjan [145]	Diskretne vr. serije	VAR narudžbi	Utjecaj politika nadopunjavanja zaliha na efekt biča.
Kim i Springer [146]	Kontinuirane vr. serije	Odnos povećanja narudžbi	Odnos brzine dobave i oscilacija zaliha.
Chaharsooghi i Heydari [147]	Simulacije, Statističke metode	VAR brzina dobava, br. nedost. pr., br.	Relativan utjecaj varijance brzine dobave i prosječne vrijednosti brzine dobave na rezultate dobavljačkog lanca.

Autori	Metodologija	Mjerenje performansi	Predmet proučavanja
		ispražnjenja zaliha	
Aggeliannaki et al. [148]	Diskretne vr. serije, Metode optimizacije	VAR narudžbi, Greške u razinama zaliha	Prednosti prilagodbi sustava upravljanja zalihama. Utjecaj promjene parametara na efekt biča.
Caloiero et al. [149]	Diskretne vr. serije	Troškovi, VAR narudžbi	Odnos parametara nadopune zaliha i efekta biča.
Chen and Lee [150]	Statističke metode	Troškovi, VAR narudžbi	Optimalni parametri izgladivanja s ciljem smanjivanja troškova.

### 3. KLASIFIKACIJA UTJECAJNIH ČIMBENIKA SUSTAVA UPRAVLJANJA ZALIHAMA

#### 3.1. Modeli potražnje za proizvodima

Pri upravljanju zalihama razlikuju se dva osnovna modela potražnje za proizvodima: nezavisni i zavisni model, a prikazani su na slici 3.1. Nezavisna potražnja određena je potrebama tržišta odnosno, nije izravno pod utjecajem proizvodnog procesa, dok zavisna potražnja ovisi o potražnji za dijelovima ili komponentama i karakterizira ju proizvodnja u serijama optimalnih veličina.



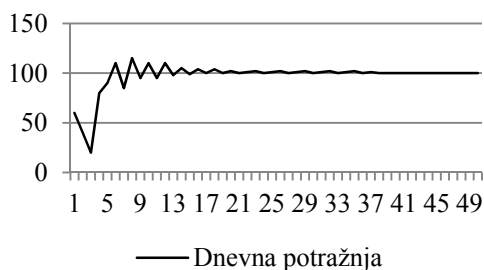
Slika 3.1. Modeli potražnje za proizvodima

Pri upravljanju zalihama s ciljem zadovoljavanja potražnje tržišta odnosno, kod nezavisnog modela potražnje za proizvodima, potrebno je dodatno prepoznati i tip potražnje za proizvodima kako bi se zalihe proizvoda čim bolje prilagodile potražnji za proizvodima. Najjednostavniji oblik potražnje za proizvodima je kad je ona poznata i nepromjenjiva ili gotovo nepromjenjiva tijekom duljeg perioda. U tom slučaju dobavne količine i logistički aspekti upravljanja zaliha su pouzdani i jednostavni za optimizaciju. Poznata i nepromjenjiva

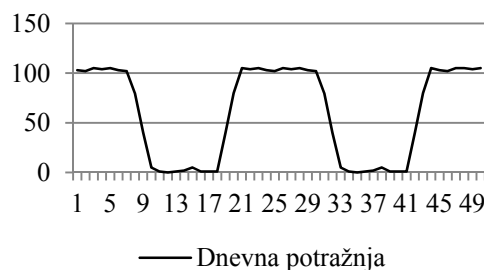
potražnja je vrlo rijeka u praksi ali je često polazišna osnova za istraživanje sustava upravljanja zalihama. Dva uobičajena načina približavanja ovakve potražnje realnim uvjetima na tržištu su pretpostavljajući da je potražnja za proizvodima u budućim periodima poznata ali je pritom promjenjiva. Ovakav tip potražnje se naziva nestacionarna potražnja i koristi se kad potražnju karakteriziraju značajne periodične varijacije (sezonalnosti), trendovi ili značajne promjene iznosa potražnje odnosno, pad ili porast. Drugi način je definiranje nesigurnosti tj. promjenjivosti potražnje. U ovom slučaju, pretpostavlja se da je potražnja za proizvodima slučajna varijabla odnosno da je potražnja stohastičkog karaktera. Stohastički modeli upravljanja zalihama temelje se na razdiobi vjerojatnosti potražnje u promatranim periodima. Razdiobe se u realnim poslovnim sustavima temelje na prošlim podacima o prodaji pojedinog proizvoda dok se kod teorijskih istraživanja odabiru najčešće uniformna, normalna ili normalna krnja razdioba.

U najvećem broju slučajeva u poslovnim sustavima koji surađuju u dobavljačkim lancima, i nestacionarnost i nepredvidivost potražnje su sastavni dijelovi sustava upravljanja zalihama i treba ih uzimati u obzir. Poslovni sustavi se, prema Wang et al. [151], susreću s četiri osnovna tipa potražnje za proizvodima:

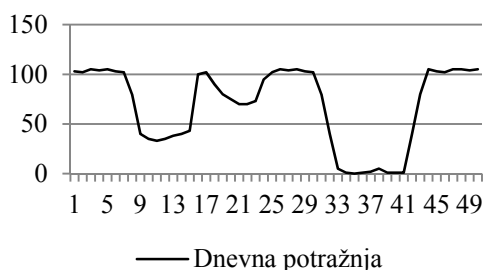
1. asimptotski stabilnim, prikazanim na slici 3.2,
2. periodičkim, prikazanim na slici 3.3,
3. kvazi-periodičkim, prikazanim na slici 3.4 i
4. kaotičnim (temeljen na slučajnim vrijednostima), prikazanim na slici 3.5.



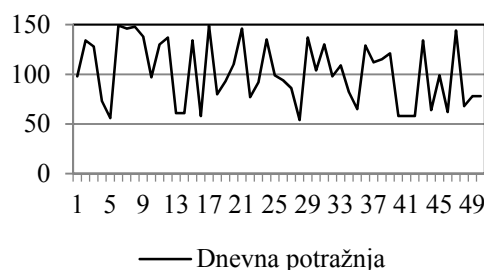
**Slika 3.2.** Asimptotski stabilan tip potražnje



**Slika 3.3.** Periodični tip potražnje



**Slika 3.4.** Kvazi-periodični tip potražnje

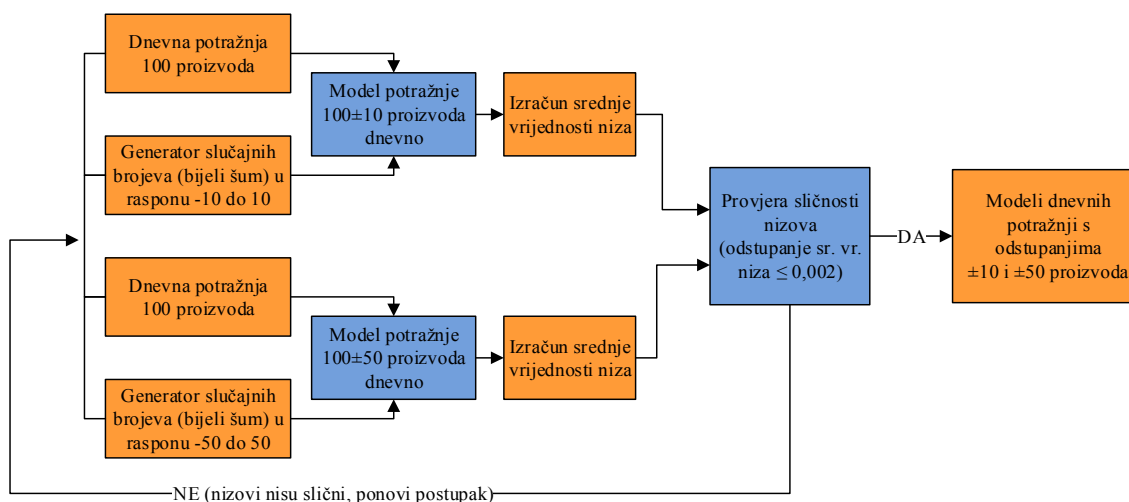


**Slika 3.5.** Kaotični tip potražnje

Za asimptotski stabilne i periodičke tipove potražnje, sustav upravljanja zalihama se relativno jednostavno može prilagoditi na optimalnu razinu. Budući da se kvazi-periodičan tip potražnje, u slučaju kada se ne mogu pouzdano odrediti višestruki periodi i međuzavisnosti potražnje za

istim proizvodom, svodi na kaotičan tip, upravo će se na kaotičnom tipu potražnje temeljiti istraživanje optimiziranja sustava upravljanja zalihama. Ovakav oblik simulirane potražnje tržišta temelj je brojnih istraživanja o upravljanju zalihama. U sklopu ovog rada, ponašanje sustava upravljanja zalihama će se ispitati za kaotični model potražnje za proizvodima uz dvije razine odstupanja od prosječne dnevne potražnje za proizvodima.

Potražnja za proizvodima, kao ulazni podaci u simulacijske eksperimente upravljanja zalihama, je generirana dodavanjem signala bijelog šuma odabranog raspona na prosječnu dnevnu potražnju. Bijeli šum se koristi u brojnim znanstvenim istraživanjima poput fizike, akustike, telekomunikacija, operacijskih istraživanja, statistike itd. odnosno, za ona istraživanja gdje se ispituju ponašanja sustava ili određenih varijabli prilikom slučajne promjene ulaznih parametara pri kojima su promjene ulaznih varijabli podjednake učestalosti. Za razliku od normalne distribucije kod koje je najveća učestalost oko prosječne vrijednosti, kod bijelog šuma sve frekvencije pokazuju jednaku zastupljenost. Šum je generiran pomoću Microsoft Excela, u zadanim granicama od -10 do 10 i od -50 do 50 te je zbrajan na osnovni signal prosječne dnevne potražnje vrijednosti 100 proizvoda. Na taj način su stvoreni nizovi od 1000 zapisa (ekvivalentni 1000 radnih dana) uniformne razdiobe unutar zadanih granica. Postupak kreiranja ulaznih datoteka sa simuliranom potražnjom završava kad se utvrdi odstupanje od prosječne vrijednosti manje ili jednako 0,002 što rezultira s maksimalnim odstupanjem niza od dva proizvoda u cijelom promatranom periodu od 1000 radnih dana odnosno, skoro tri radne godine. Ovako nisko odstupanje prosječnih vrijednosti nizova je nužan preduvjet za relevantnu usporedbu rezultata sustava upravljanja zalihama uz pretpostavku sličnosti ulaznih parametara. Algoritam izrade modela dnevnih potražnji za proizvodima je prikazan na slici 3.6.



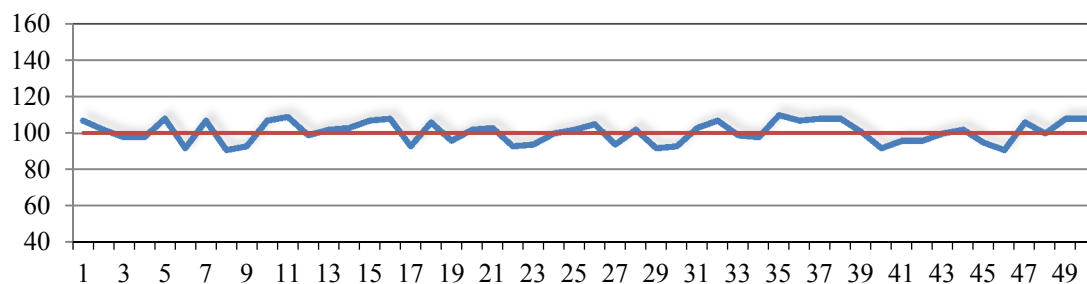
**Slika 3.6.** Algoritam za određivanje dnevnih potražnji za proizvodima

Ulazni podaci u simulacijske eksperimente na temelju kojih će se kvantificirati utjecaji čimbenika bitnih za optimalno upravljanje sustavom zaliha su:

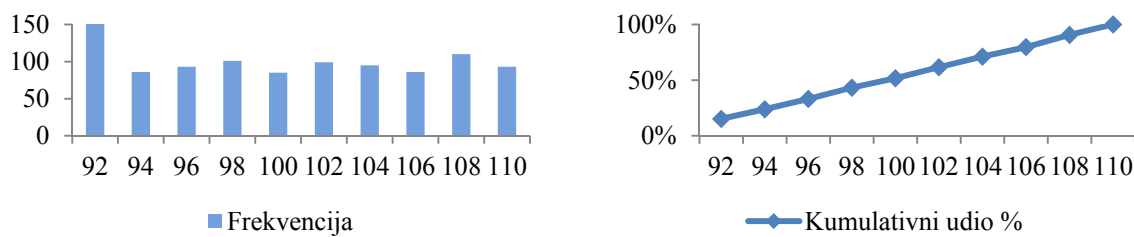
1. kaotični model potražnje veličine  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno, prosječne dnevne potražnje  $\mu_{POT}=100$  proizvoda i standardne devijacije  $\sigma_{POT}=6,111$  prikazan na slici 3.7 s histogramom frekvencija i kumulativnim udjelom razreda prikazanim na slici 3.8,

2. kaotični model potražnje veličine  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno, prosječne dnevne potražnje  $\mu_{POT}=100,002$  proizvoda i standardne devijacije  $\sigma_{POT}=29,531$  prikazan na slici 3.9 s histogramom frekvencija i kumulativnim udjelom razreda prikazanim na slici 3.10.

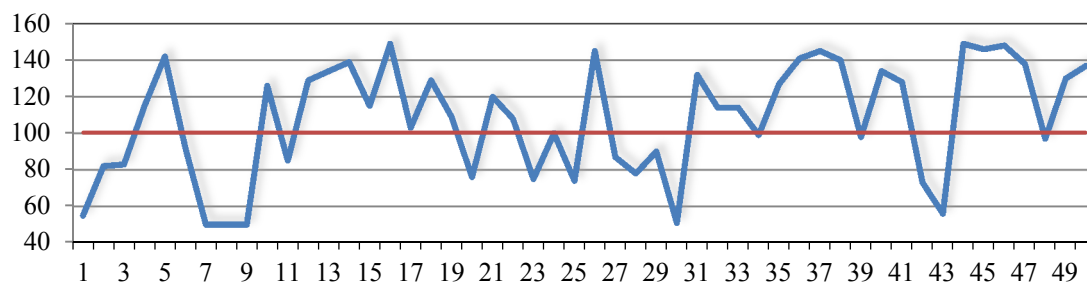
Usporedni prikaz promjenjivosti dnevnih potražnji za obje razine kaotičnosti prikazan je na slici 3.11.



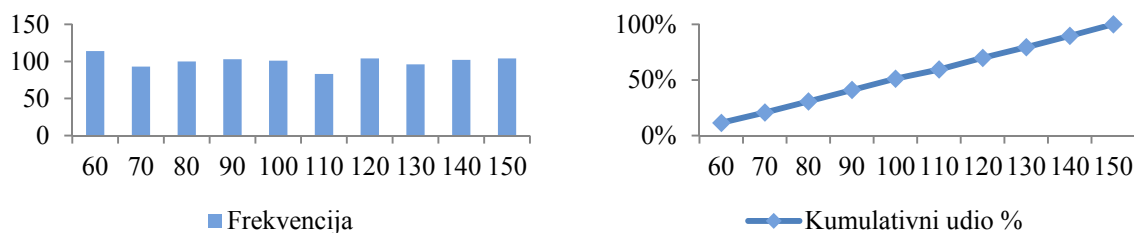
**Slika 3.7.** Prikaz prvih 50 dana kaotičnog modela potražnje veličine  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno



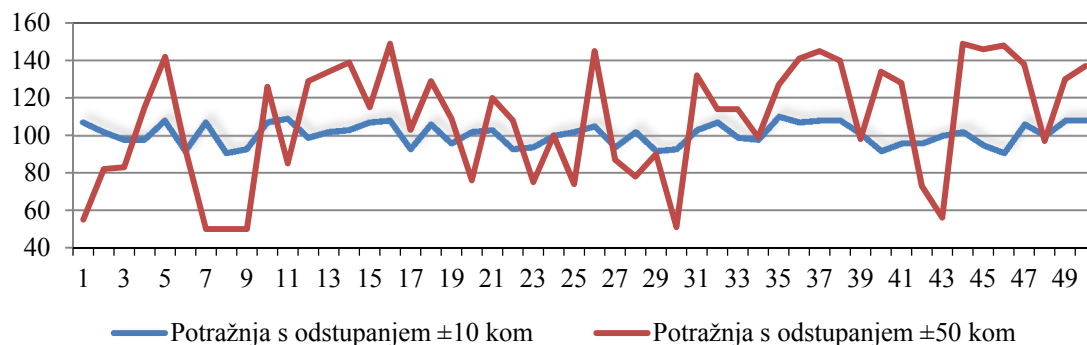
**Slika 3.8.** Prikaz histograma frekvencija i kumulativnog udjela razreda frekvencija kaotičnog modela potražnje za proizvodima veličine  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno



**Slika 3.9.** Prikaz prvih 50 dana kaotičnog modela potražnje veličine  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno



**Slika 3.10.** Prikaz histograma frekvencija i kumulativnog udjela razreda frekvencija kaotičnog modela potražnje veličine  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno



Slika 3.11. Usporedba kaotičnosti potražnji za proizvodima

### 3.2. Sinkroniziranost radnog vremena

U slučaju kada dobavljač promatranog poslovnog sustava radi subotom i nedjeljom, termin dobave neće biti produljen za neradni vikend, dok u slučaju kada dobavljač ne radi te dane, ugovoreni takt dobave se produljuje za nerade dane. Iz navedenoga slijedi da se sustav upravljanja zalihama mora prilagoditi takvim uvjetima suradnje odnosno, potrebno je povećati razinu zaliha pred vikend kako bi postotak zadovoljavanja potražnje tržišta ostao nepromijenjen i kako za vikend ne bi došlo do nestašice proizvoda. Ukoliko se prilikom optimiziranja upravljanja zalihama ne vodi računa o sinkroniziranosti radnog vremena, moguća su dva negativna ishoda:

1. ukoliko dobavljač ne radi vikendima, a promatrani poslovni sustav to nije uzeo u obzir nužno slijedi smanjenje postotka zadovoljavanja potražnje tržišta osim u slučaju kada se poslovanje vrši s pretjerano visokim razinama zaliha,
2. ukoliko dobavljač radi vikendima, a promatrani poslovni sustav to nije uzeo u obzir nužno slijedi nepotrebno povećanje zaliha.

Zbog toga, simulacijskim eksperimentima sustava upravljanja zalihama ispitati će se utjecaj sinkroniziranosti radnog vremena na način da:

1. promatrani poslovni sustav i njegov dobavljač rade svih sedam dana u tjednu, prikazano slikom 3.12,
2. promatrani poslovni sustav radi sedam, a njegov dobavljač pet dana tjedno, prikazano slikom 3.13.

	Pon	Uto	Sri	Čet	Pet	Sub	Ned
Promatrani PS	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Dobavljač promatranog PS	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Slika 3.12. Prikaz sinkroniziranog radnog vremena (SRV)

	Pon	Uto	Sri	Čet	Pet	Sub	Ned
Promatrani PS	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Dobavljač promatranog PS	✓	✓	✓	✓	✓	NE RADI	NE RADI

Slika 3.13. Prikaz nesinkroniziranog radnog vremena (NSRV)



### 3.3. Takt dobave proizvoda

Kako bi se mogao odrediti točan termin dobave u cijelom promatranom periodu, a zavisno od trenutka kad je narudžba za proizvodima izdana, potrebno je poznavati sinkroniziranost radnog vremena promatranog poslovnog sustava i njegovog dobavljača u korelaciji s taktom dobave proizvoda. Simulacijskim eksperimentima sustava upravljanja zaliha ispitati će se utjecaj takta dobave proizvoda u promatrani poslovni sustav na način da se proizvodi dobavljaju:

1. sutradan tj. za manje od jednog radnog dana,
2. kroz jedan radni dan,
3. kroz tri radna dana,
4. kroz pet radnih dana i
5. kroz deset radnih dana.

U slučaju sinkroniziranog radnog vremena termini dobave proizvoda zavisno od dana u kojem je narudžba izdana prikazani su na slikama od 3.14 do 3.18, a u slučaju nesinkroniziranog radnog vremena termini dobave proizvoda zavisno od dana u kojem je narudžba izdana prikazani su na slikama od 3.19 do 3.23.

Pon	Uto	Sri	Čet	Pet	Sub	Ned	Pon	Uto	Sri	Čet	Pet	Sub	Ned	Pon	Uto	Sri	Čet
Nar.	Dob.						Nar.	Dob.						Nar.	Dob.		
	Nar.	Dob.						Nar.	Dob.						Nar.	Dob.	
		Nar.	Dob.						Nar.	Dob.						Nar.	Dob.
			Nar.	Dob.						Nar.	Dob.						
				Nar.	Dob.						Nar.	Dob.					
					Nar.	Dob.						Nar.	Dob.				
						Nar.	Dob.						Nar.	Dob.			

Slika 3.14. Termini dobava za SRV uz takt dobave manji od jednog radnog dana (sutradan)

Pon	Uto	Sri	Čet	Pet	Sub	Ned	Pon	Uto	Sri	Čet	Pet	Sub	Ned	Pon	Uto	Sri	Čet
Nar.	1	Dob.					Nar.	1	Dob.					Nar.	1	Dob.	
	Nar.	1	Dob.					Nar.	1	Dob.					Nar.	1	Dob.
		Nar.	1	Dob.					Nar.	1	Dob.						
			Nar.	1	Dob.				Nar.	1	Dob.						
				Nar.	1	Dob.				Nar.	1	Dob.					
					Nar.	1	Dob.				Nar.	1	Dob.				
						Nar.	1	Dob.				Nar.	1	Dob.			

Slika 3.15. Termini dobava za SRV uz takt dobave od jednog radnog dana

Pon	Uto	Sri	Čet	Pet	Sub	Ned	Pon	Uto	Sri	Čet	Pet	Sub	Ned	Pon	Uto	Sri	Čet
Nar.	1	2	3	Dob.			Nar.	1	2	3	Dob.						
	Nar.	1	2	3	Dob.			Nar.	1	2	3	Dob.					
		Nar.	1	2	3	Dob.			Nar.	1	2	3	Dob.				
			Nar.	1	2	3	Dob.			Nar.	1	2	3	Dob.			
				Nar.	1	2	3	Dob.			Nar.	1	2	3	Dob.		
					Nar.	1	2	3	Dob.			Nar.	1	2	3	Dob.	
						Nar.	1	2	3	Dob.			Nar.	1	2	3	Dob.

Slika 3.16. Termini dobava za SRV uz takt dobave od tri radna dana

Pon	Uto	Sri	Čet	Pet	Sub	Ned	Pon	Uto	Sri	Čet	Pet	Sub	Ned	Pon	Uto	Sri	Čet
Nar.	1	2	3	4	5	Dob.	Nar.	1	2	3	4	5	Dob.				
	Nar.	1	2	3	4	5	Dob.	Nar.	1	2	3	4	5	Dob.			
		Nar.	1	2	3	4	5	Dob.	Nar.	1	2	3	4	5	Dob.		
			Nar.	1	2	3	4	5	Dob.	Nar.	1	2	3	4	5	Dob.	
				Nar.	1	2	3	4	5	Dob.	Nar.	1	2	3	4	5	Dob.
					Nar.	1	2	3	4	5	Dob.						
						Nar.	1	2	3	4	5	Dob.					

Slika 3.17. Termini dobava za SRV uz takt dobave od pet radnih dana

Pon	Uto	Sri	Čet	Pet	Sub	Ned	Pon	Uto	Sri	Čet	Pet	Sub	Ned	Pon	Uto	Sri	Čet
Nar.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dob.						
	Nar.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dob.					
		Nar.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dob.				
			Nar.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dob.			
				Nar.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dob.		
					Nar.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dob.	
						Nar.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dob.

Slika 3.18. Termini dobava za SRV uz takt dobave od deset radnih dana

Pon	Uto	Sri	Čet	Pet	Sub	Ned	Pon	Uto	Sri	Čet	Pet	Sub	Ned	Pon	Uto	Sri	Čet	Pet	Sub	Ned	Pon	Uto	
Nar.	Dob.						Nar.	Dob.						Nar.	Dob.								
	Nar.	Dob.					Nar.	Dob.						Nar.	Dob.								
		Nar.	Dob.				Nar.	Dob.						Nar.	Dob.								
			Nar.	Dob.			Nar.	Dob.						Nar.	Dob.								
				Nar.			Dob.							Nar.									Dob.
					Nar.	x	Dob.					Nar.		x	Dob.				Nar.		x	Dob.	
						Nar.	x	Dob.					Nar.	x	Dob.					Nar.	x	Dob.	

Slika 3.19. Termini dobava za NSRV uz takt dobave manji od jednog radnog dana (sutradan)

Pon	Uto	Sri	Čet	Pet	Sub	Ned	Pon	Uto	Sri	Čet	Pet	Sub	Ned	Pon	Uto	Sri	Čet	Pet	Sub	Ned	Pon	Uto	
Nar.	1	Dob.					Nar.	1	Dob.					Nar.	1	Dob.							
	Nar.	1	Dob.				Nar.	1	Dob.					Nar.	1	Dob.							
		Nar.	1	Dob.			Nar.	1	Dob.					Nar.	1	Dob.							
			Nar.	1			Dob.							Nar.	1								Dob.
				Nar.			1	Dob.						Nar.		1	Dob.					1	Dob.
					Nar.		x	1	Dob.					Nar.		x	1	Dob.					
						Nar.	x	1	Dob.					Nar.	x	1	Dob.						

Slika 3.20. Termini dobava za NSRV uz takt dobave od jednog radnog dana

Pon	Uto	Sri	Čet	Pet	Sub	Ned	Pon	Uto	Sri	Čet	Pet	Sub	Ned	Pon	Uto	Sri	Čet	Pet	Sub	Ned	Pon	Uto	
Nar.	1	2	3	Dob.			Nar.	1	2	3	Dob.			Nar.	1	2	3	Dob.					
	Nar.	1	2	3			Dob.	Nar.	1	2	3			Dob.	Nar.	1	2	3					Dob.
		Nar.	1	2			3	Dob.	Nar.	1	2			3	Dob.	Nar.	1	2				3	Dob.
			Nar.	1			2	3	Dob.	Nar.	1			2	3	Dob.							
				Nar.			1	2	3	Dob.	Nar.			1	2	3	Dob.	Nar.					
					Nar.		x	1	2	3	Dob.	Nar.		x	1	2	3	Dob.	Nar.				
						Nar.	x	1	2	3	Dob.		Nar.	x	1	2	3	Dob.		Nar.			

Slika 3.21. Termini dobava za NSRV uz takt dobave od tri radna dana

Pon	Uto	Sri	Čet	Pet	Sub	Ned	Pon	Uto	Sri	Čet	Pet	Sub	Ned	Pon	Uto	Sri	Čet	Pet	Sub	Ned	Pon	Uto	
Nar.	1	2	3	4			5	Dob.						Nar.	1	2	3	4				5	Dob.
	Nar.	1	2	3			4	5	Dob.														
		Nar.	1	2			3	4	5	Dob.													
			Nar.	1			2	3	4	5	Dob.												
				Nar.			1	2	3	4	5			Dob.									
					Nar.		x	1	2	3	4			5	Dob.								
						Nar.	x	1	2	3	4			5	Dob.								

Slika 3.22. Termini dobava za NSRV uz takt dobave od pet radnih dana

Pon	Uto	Sri	Čet	Pet	Sub	Ned	Pon	Uto	Sri	Čet	Pet	Sub	Ned	Pon	Uto	Sri	Čet	Pet	Sub	Ned	Pon	Uto	
Nar.	1	2	3	4			5	6	7	8	9			10	Dob.								
	Nar.	1	2	3			4	5	6	7	8			9	10	Dob.							
		Nar.	1	2			3	4	5	6	7			8	9	10	Dob.						
			Nar.	1			2	3	4	5	6			7	8	9	10	Dob.					
				Nar.			1	2	3	4	5			6	7	8	9	10				Dob.	
					Nar.		x	1	2	3	4			5	6	7	8	9				10	Dob.
						Nar.	x	1	2	3	4			5	6	7	8	9				10	Dob.

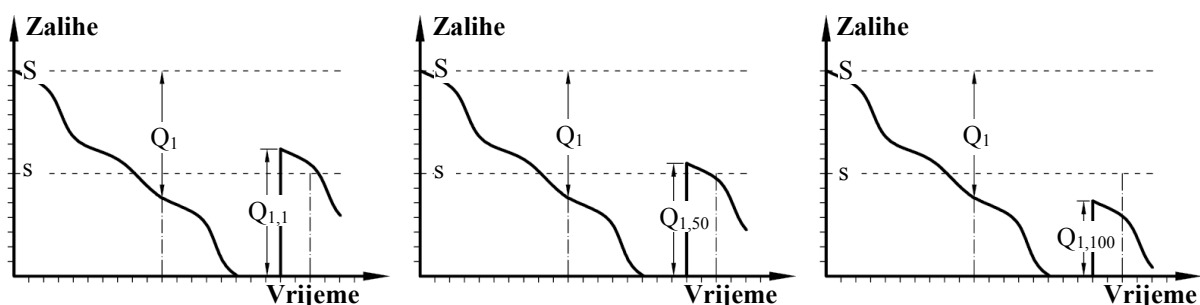
Slika 3.23. Termini dobava za NSRV uz takt dobave od deset radnih dana

### 3. 4. Minimalna veličina narudžbe

Veličina minimalne narudžbe (MVN) je čimbenik koji često pokazuje trenutno vidljive pozitivne posljedice na financijske pokazatelje zaliha budući da redovito dobavljači za veću minimalnu količinu narudžbe osiguravaju popust u odnosu na manju minimalnu veličinu narudžbe dok su ostali utjecaji minimalne veličine narudžbe poput odgovarajućih  $s$  i  $S$  razina, broja dobava itd. vidljivi tek dugotrajnim praćenjem zaliha odnosno, simulacijskim eksperimentima duljeg perioda. Simulacijskim eksperimentima sustava upravljanja zalihama ispitati će se utjecaj minimalne veličine narudžbe koja može biti takva da se:

1. proizvodi mogu dobiti na komad odnosno, ne postoji minimalna veličina narudžbe,
2. proizvodi mogu dobiti po 50 komada (50% prosječne dnevne potražnje),
3. proizvodi mogu dobiti po 100 komada (100% prosječne dnevne potražnje) ili
4. proizvodi mogu dobiti po 200 komada (200% prosječne dnevne potražnje).

Na slici 3.24 prikazane su usporedbe ponašanja ( $R$ ,  $s$ ,  $S$ ) sustava upravljanja zalihama uz jednaku potražnju za proizvodima i za jednako postavljene karakteristične razine, a za različite minimalne veličine narudžbi. Vidljivo je da je minimalna veličina narudžbe utjecajan čimbenik koji veći pri prvoj dobavi rezultira značajnim promjenama razina zaliha te ga se mora uzeti u obzir pri odabiru optimalnih karakterističnih razina sustava upravljanja zalihama kako se ne bi smanjio postotak zadovoljavanja potražnje tržišta, a time i opća uspješnost dobavljačkog lanca.

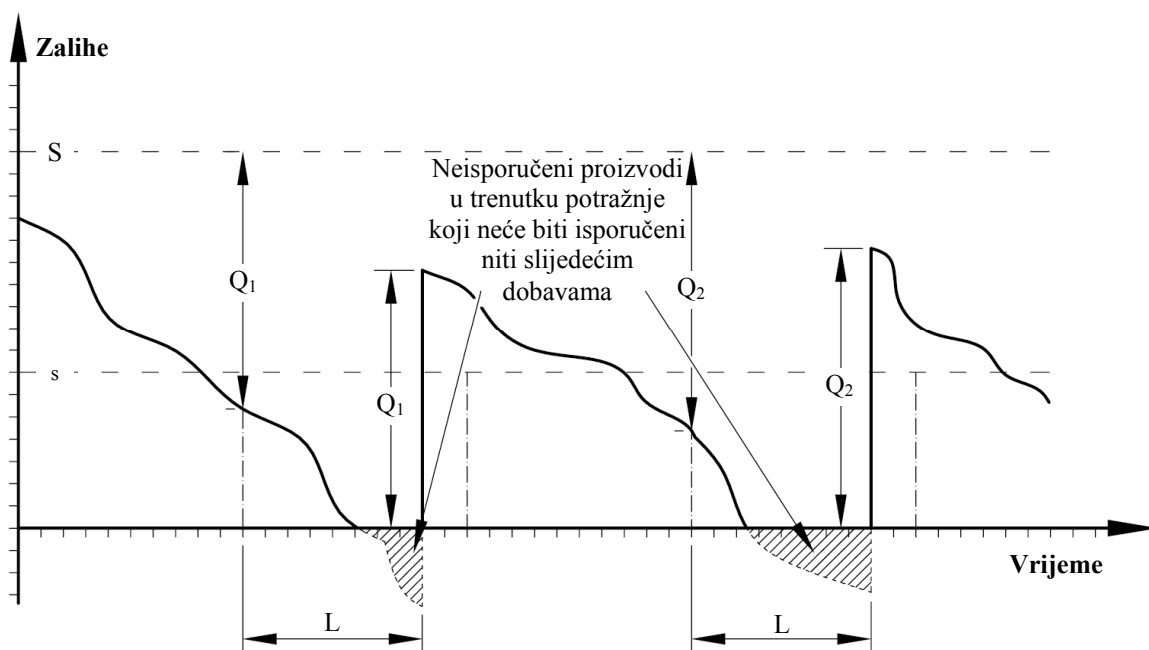


Slika 3.24. Usporedba kretanja zaliha za različite minimalne veličine narudžbe uz jednaku potražnju i postavke sustava upravljanja zalihama

### 3. 5. Nedostatak traženih proizvoda

Proizvodi koji u trenutku potražnje nisu bili dostupni na zalihama poslovnog sustava mogu značajno negativno utjecati na uspješnost poslovnog sustava i dobavljačkog lanca u cjelini.

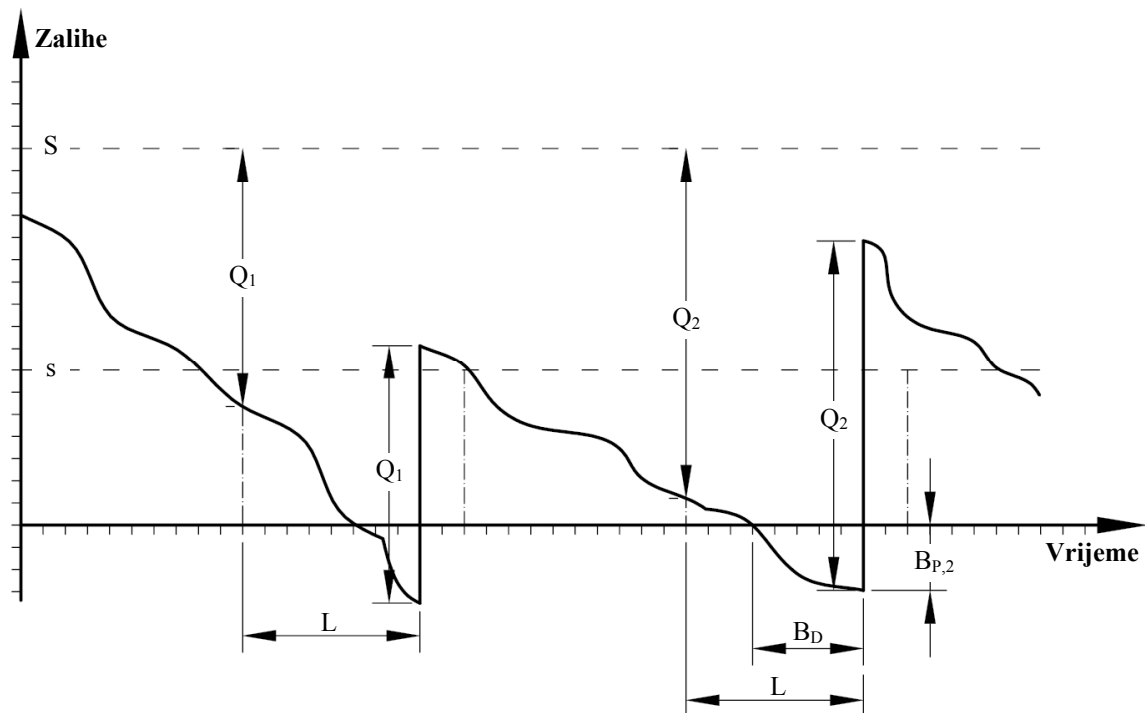
Ukoliko su potrošači spremni čekati slijedeću dobavu proizvoda, te ukoliko poslovni sustav ima uređeno poslovanje na način da može pratiti i obavještavati potrošače kada je proizvod dostupan, može se povećati ukupan broj isporučenih proizvoda, a samim time prihodi i dobit od njihove prodaje. Osim u slučaju vrlo visokih razina zaliha i čestih dobava uz predvidivu potražnju za proizvodima, poslovni sustavi susreću se s činjenicom da određenu količinu proizvoda u trenutku potražnje ne mogu isporučiti izravno s vlastitih zaliha. Nedostatak traženih proizvoda je pojava o kojoj uprava poslovnog sustava može zauzeti dva stava. Prva mogućnost je da se svaka neispunjena potražnja smatra propuštenom prodajom te se s njome dalje ne bavi što je prikazano na slici 3.25.



Slika 3.25. Prikaz kretanja zaliha kad se ne prati neispunjena potražnja tržišta

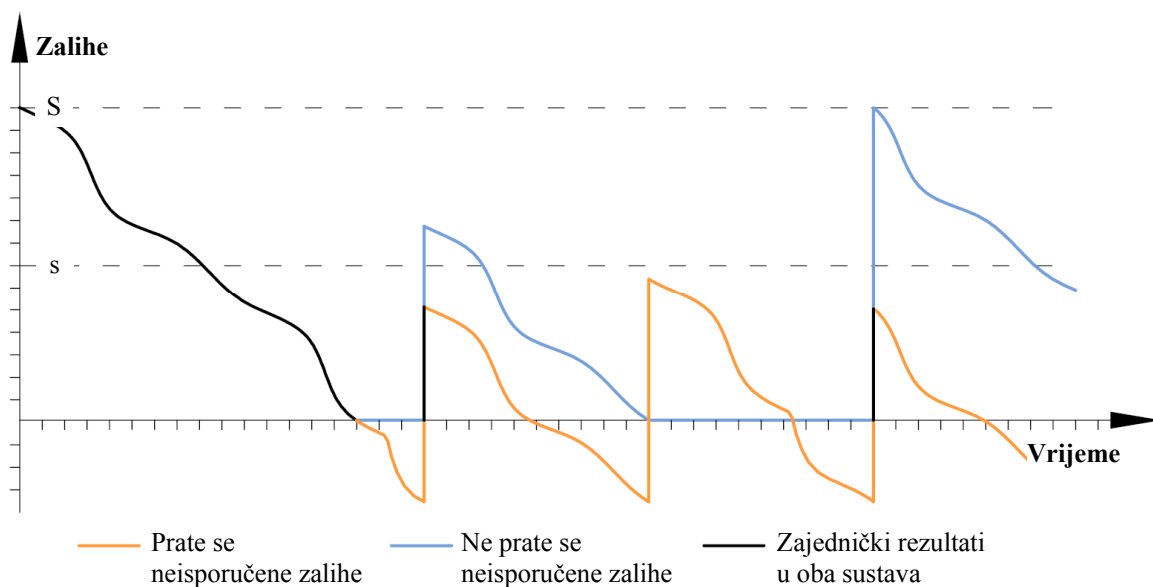
Druga mogućnost je da promatrani poslovni sustav naruči nedostajuću količinu proizvoda od dobavljača koji će ih isporučiti pri slijedećoj dobavi. U ovom slučaju se podrazumijeva da kupci sa svojim neispunjenim narudžbama čekaju do dobave proizvoda što nije uvijek slučaj u realnim poslovnim sustavima. Na slici 3.26 prikazan je sustav upravljanja zalihama s praćenjem i naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda (eng. *backlogging* – BL), dok je usporedni prikaz obje politike poslovnog sustava prema nedostajućim proizvodima prikazan na slici 3.27. Pri tome,  $B_{P,1}$  označava količinu nedostajućih proizvoda u prvom periodu,  $B_{P,UK}$  ukupnu količinu nedostajućih proizvoda u cijelom promatranom periodu,  $B_{D,1}$  označava broj dana s neispunjenom potražnjom u prvom periodu s neispunjenom potražnjom, a  $B_{D,UK}$  ukupan broj dana s neispunjenom potražnjom u cijelom promatranom periodu.

Zavisno od odabrane poslovne politike prema nedostajućim proizvodima i ponašanja potrošača prema nedostatku traženih proizvoda, posljedice na uspješnost poslovnog sustava mogu biti značajne. Naime, ukoliko se pretpostavi da će se svi proizvodi isporučiti prilikom slijedeće dobave to znači da je za cijeli udio proizvoda koji u određenom periodu nije mogao biti isporučen kod narudžbe povećana prodaja, a time i dobit poslovnog sustava.



**Slika 3.26.** Prikaz kretanja zaliha kad se prati neispunjena potražnja tržišta

Ova pretpostavka je točna ukoliko klijent ne može kupiti proizvode kod drugog poslovnog sustava te ukoliko je voljan čekati navedeni period do slijedeće dobave proizvoda. Vođenje evidencije o prvotno neisporučenim proizvodima uz jednake postavke sustava upravljanja zalihama (slične karakteristične razine, broj dobava i termin provjere stanja zaliha) rezultirati će povećanjem uspješnosti poslovnog sustava mjenom kroz broj prodanih proizvoda u usporedbi s poslovnim sustavom koji ne prati prvotno neisporučene proizvode.



**Slika 3.27.** Usporedba modela upravljanja zalihama s periodičkim provjerama s aspekta praćenja neisporučene potražnje

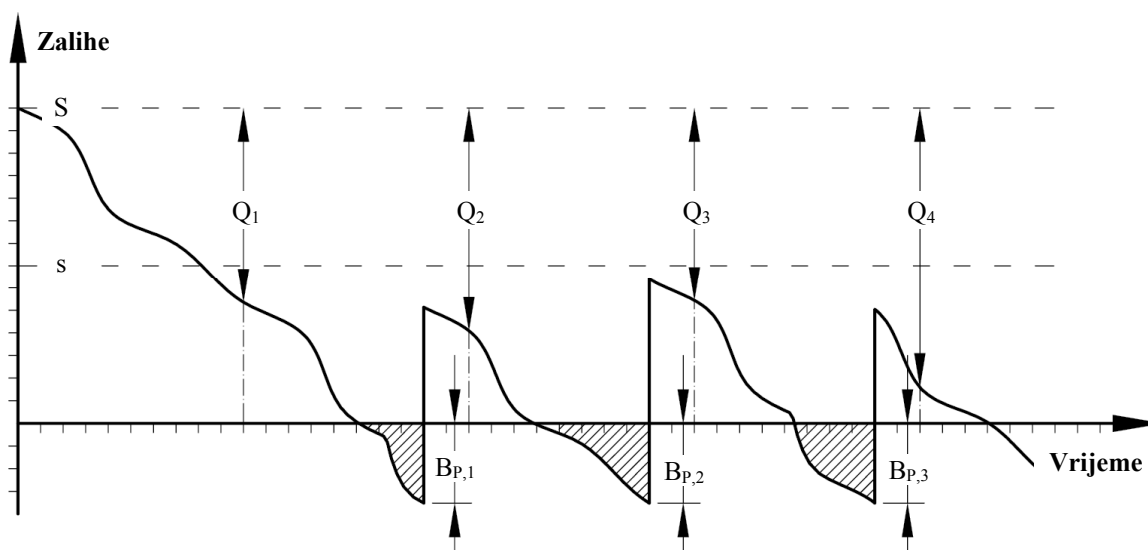
Simulacijskim eksperimentima sustava upravljanja zalihama ispitati će se utjecaj poslovne politike prema nedostajućim proizvodima i to na način da se oni:

1. isporučuju pri slijedećoj dobavi u ukupnom broju komada za što kupac mora pristati čekati slijedeću isporuku, a promatrani poslovni sustav mora voditi zapise o broju i vrsti neisporučenih proizvoda uz informacije o kupcu.
2. smatraju propuštenom prodajom i iznos se pripisuje propuštenoj zaradi promatranog poslovnog sustava budući da kupac ne želi čekati slijedeću dobavu proizvoda.

Dodatna okolnost koju je potrebno uzeti u obzir prilikom vođenja zapisa o nedostajućim proizvodima je činjenica da iako poslovni sustav posluje na takav način i unatoč stavu kupca da će ponovno posjetiti promatrani poslovni sustav kad proizvod bude dostupan, istraživanja su pokazala da postoji vrlo izražen rizik od nedolaska kupaca po naručeni proizvod. Ova pojava naziva se rizik naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda.

### 3. 6. Postotak zadovoljavanja potražnje tržišta

Postotak zadovoljavanja potražnje tržišta (PZPT, eng. *Fill rate*) je pokazatelj koji govori koliki postotak potražnje za proizvodima je promatrani poslovni sustav zadovoljio u promatranom periodu. Uobičajeno se postotak zadovoljavanja potražnje tržišta računa tek kad je sustav u promatranom periodu dostigao ravnotežno stanje međutim, sustavi zaliha s nestacionarnom potražnjom nikada ne ostvaruju ravnotežno stanje zbog čega se ovaj pokazatelj promatra u duljem periodu. Postotak zadovoljavanja potražnje tržišta mjeri se postotkom izravno isporučenih proizvoda ili postotkom dana  $s$  u potpunosti zadovoljenoj potražnjom. Prvi način izračunava PZPT kao kvocijent broja proizvoda isporučenih po narudžbi izravno sa zaliha promatranog poslovnog sustava i ukupnog broja zatraženih proizvoda i vidljiv je na slici 3.28.

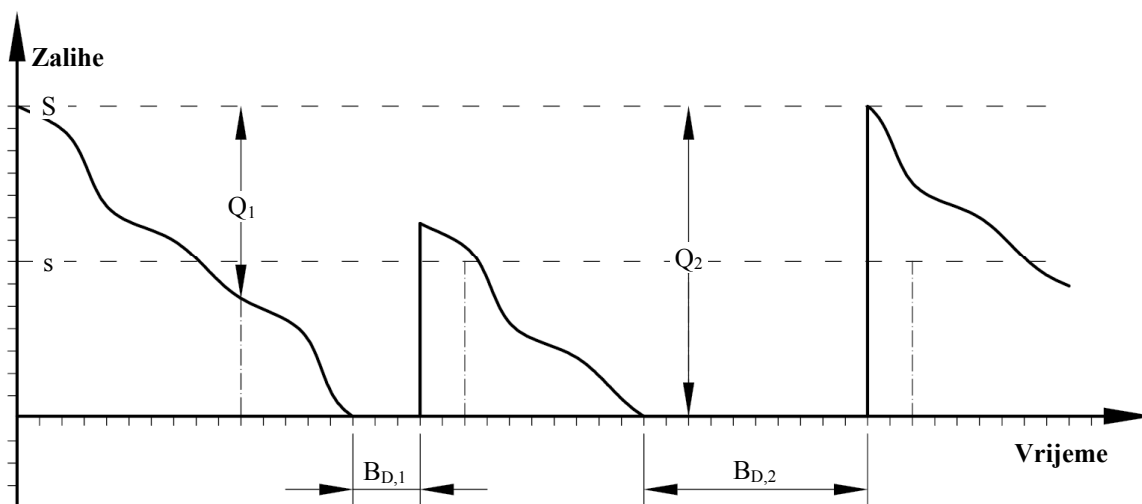


**Slika 3.28.** Mjerenje postotka zadovoljavanja potražnje tržišta brojem izravno isporučenih proizvoda

Jednadžba za određivanje odgovarajućeg postotka zadovoljavanja potražnje tržišta mjerenog po broju izravno isporučenih proizvoda glasi:

$$PZPT_P = \frac{\text{ukupan broj izravno isporučenih proizvoda}}{\text{ukupna potražnja za proizvodima}} = \frac{P_{UK} - B_{P,UK}}{P_{UK}}$$

Drugi način izračunava PZPT kao kvocijent broja dana u kojima je u cijelosti zadovoljena potražnja za proizvodima (izravno sa zaliha promatranog poslovnog sustava) i ukupnog broja dana u promatranom periodu, a vidljiv je na slici 3.29.

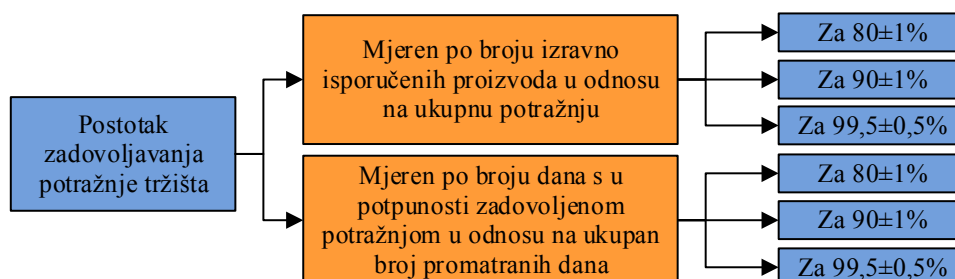


**Slika 3.29.** Mjerenje postotka zadovoljavanja potražnje tržišta brojem dana s u potpunosti zadovoljenom potražnjom

Jednadžba za određivanje odgovarajućeg postotka zadovoljavanja potražnje tržišta mjerenog po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom glasi:

$$PZPT_D = \frac{\text{ukupan broj dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom}}{\text{ukupan broj dana u promatranom periodu}} = \frac{D_{UK} - B_{D,UK}}{D_{UK}}$$

Postotak zadovoljavanja potražnje tržišta je jedan od osnovnih pokazatelja podešenosti dobavljačkog lanca, a simulacijskim eksperimentima će se istražiti utjecaj PZPT-a od  $80 \pm 1\%$  (dalje u tekstu 80%),  $90 \pm 1\%$  (dalje u tekstu 90%) i  $99,5 \pm 0,5\%$  (dalje u tekstu 100%), mjereno po obje metode kao što je vidljivo sa slike 3.30.



**Slika 3.30.** Postoci zadovoljavanja potražnje tržišta za koje će se utvrđivati ponašanje sustava upravljanja zalihama simulacijskim eksperimentima

Povećanje PZPT nužno povećava prihode dobavljačkog lanca budući da je isporučena veća količina proizvoda potrošačima, međutim, uz takvo povećanje prihoda treba uzeti u obzir i povećane troškove koji mogu rasti znatno brže čime nepromišljeno uvjetovanje većeg PZPT može rezultirati lošijim poslovnim rezultatima promatranog poslovnog sustava i dobavljačkog lanca u cjelini.

Računajući PZPT brojem dana kad je potražnja zadovoljena u cijelosti, ne dobivamo izravno informaciju o broju proizvoda koji nisu isporučeni tih dana pa se ne može izravno procijeniti trošak izgubljene zarade. Međutim, poslovni sustavi često nisu u mogućnosti voditi evidenciju o neisporučenim zalihama najčešće zbog konkurentnosti proizvoda koja omogućava da proizvod koji nije bio dostupan u promatranom poslovnom sustavu kupac kupi u drugom (dakle, kad ne vlada monopol nad proizvodom) pa se u tom slučaju uspostavljanje odnosa između mjere postotka zadovoljavanja potražnje tržišta mjerena putem broja dana i broja proizvoda može koristiti kao vrlo korisna informacija. Pored toga, prilagođavanje sustava upravljanja zalihama na postotak zadovoljavanja potražnje tržišta mjereno po broju izravno isporučenih proizvoda nužno povećava razine zaliha u slučajevima naglih i nepredvidivih porasta potražnji čak iako se pojavljuju rijetko u promatranom periodu. Cilj sustava upravljanja zalihama je odrediti minimalne potrebne zalihe pomoću kojih se postiže željeni postotak zadovoljavanja potražnje tržišta vodeći računa o ostalim uvjetima bitnima partnerima, učesnicima dobavljačkog lanca. Zbog nepredvidivosti potražnje i brojnih međuzavisnih utjecaja na sustav upravljanja zalihama nije moguć razvoj dovoljno točne analitičke metode kojom bi se odredile karakteristične razine zaliha te dale informacije o propuštenoj prodaji, njenim posljedicama na sustav upravljanja zalihama ali i ostalim karakteristikama sustava upravljanja zalihama. Zbog navedenog, simulacijski eksperimenti i scenariji upravljanja zalihama dobavljačkih lanaca su jedini pristup koji može ponuditi dovoljno točan uvid u kompleksne međuzavisnosti utjecajnih čimbenika na procese upravljanja zalihama.



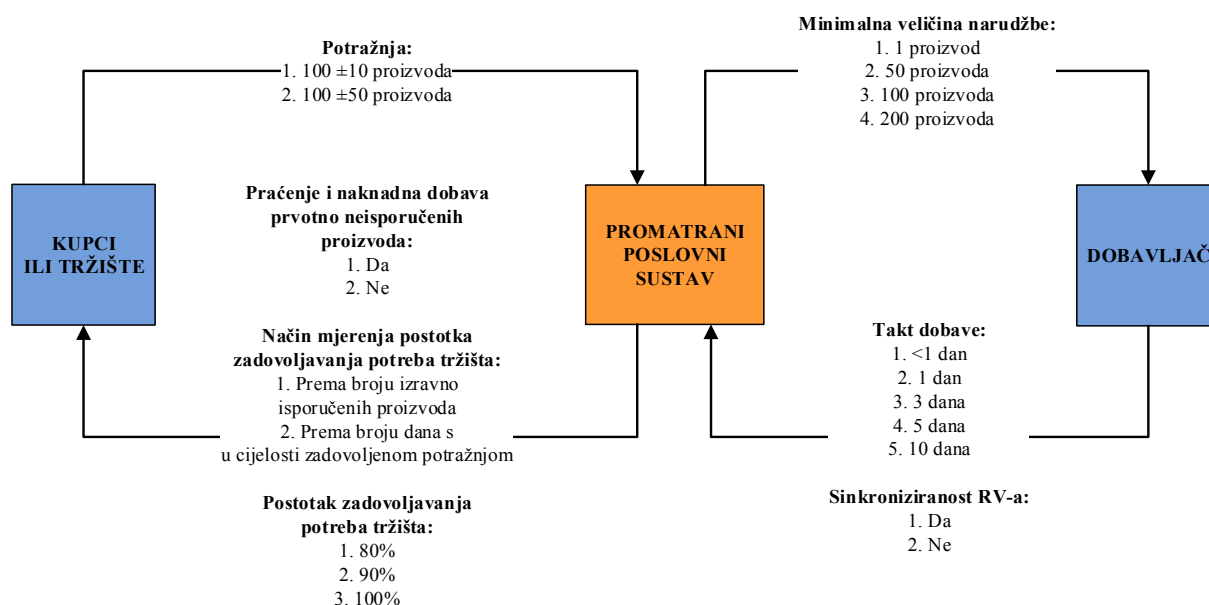
## 4. KVANTIFIKACIJA POKAZATELJA SUSTAVA UPRAVLJANJA ZALIHAMA

### 4.1. Postavke simulacijskih eksperimenata

Temeljem klasificiranih utjecajnih čimbenika na sustav upravljanja zalihama u dobavljačkim lancima, ostvaruje se mogućnost definiranja simulacijskih eksperimenata kojima će se odrediti utjecaj utjecajnih čimbenika na poslovne rezultate sustava upravljanja zalihama. Kao što je vidljivo sa slike 4.1, simulacijskim eksperimentima će se odrediti ponašanje sustava upravljanja zalihama u promatranih 1000 dana, za svaku od slijedećih postavki sustava:

- model potražnje: kaotični model veličine  $100 \pm 10$  i  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno,
- nedostatak traženih proizvoda: promatrani poslovni sustav ne vodi evidenciju o prvotno neisporučenim proizvodima ili promatrani poslovni sustav vodi evidenciju o prvotno neisporučenim proizvodima i dobavlja ih prilikom prve slijedeće dobave proizvoda,
- način mjerenja postotka zadovoljavanja potražnje tržišta: po broju izravno isporučenih proizvoda i po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom,
- postotak zadovoljavanja potražnje tržišta: 80%, 90% i 100%,
- minimalna veličina narudžbe: minimalna veličina narudžbe nije definirana odnosno, veličine je jednog proizvoda, minimalna veličina narudžbe je 50, 100 i 200 proizvoda,
- takt dobave proizvoda: proizvodi se mogu dobiti za manje od jednog radnog dana, za jedan radni dan, za tri radna dana, za pet radnih dana i za 10 radnih dana,
- sinkroniziranost radnog vremena promatranog poslovnog sustava i njegovog dobavljača: promatrani poslovni sustav i njegov dobavljač posluju sa sinkroniziranim radnim vremenom odnosno, oboje rade i vikendima, te promatrani poslovni sustav i njegov dobavljač posluju sa nesinkroniziranim radnim vremenom odnosno, dobavljač ne radi vikendima.

Temeljem tako učinjene klasifikacije utjecajnih čimbenika sustava upravljanja zalihama i varijacijama svakog čimbenika u dvije do pet razina, simulacijskim eksperimentima će se obuhvatiti ukupno 960 studija slučaja za koje će se odrediti najniže razine zaliha koje zadovoljavaju sve tražene uvjete. Ovako široki spektar simulacijskih eksperimenata biti će podloga za kvalitetnu i na dovoljnom broju primjera utvrđenu analizu ponašanja sustava upravljanja zalihama u dobavljačkim lancima s ciljem razvoja nove integralne metode optimalnog upravljanja zalihama.



**Slika 4.1.** Postavke simulacijskih eksperimenata

Opće postavke svih simulacijskih eksperimenata sustava upravljanja zalihama su:

1. istraživanje se vrši za klasični, decentralizirani, serijski povezani dobavljački lanac,
2. svi poslovni sustavi u dobavljačkom lancu koriste (R, s, S) sustav upravljanja zalihama,
3. period provjere razine zaliha je jedan dan,
4. period u kojem će se istraživati karakteristike sustava je 1000 dana,
5. početna razina zaliha je 1000 proizvoda.

Temeljem ovako definiranih postavki simulacijskih eksperimenata, za kvantifikaciju čimbenika optimalnog upravljanja zalihama i za razvoj integralne metode optimalnog upravljanja zalihama za svaki od 960 simulacijskih eksperimenata potrebno je odrediti slijedeće zavisne varijable utjecajnih čimbenika sustava upravljanja zalihama:

1. broj dobava,
2. broj dobavljenih proizvoda,
3. broj naknadno dobavljenih proizvoda,
4. broj neisporučenih proizvoda,
5. jedinični trošak držanja proizvoda,
6. jedinični trošak naručivanja,

7. jedinični trošak nedostatka proizvoda,
8. jedinični trošak prijevoza,
9. jedinični trošak prijevoza po proizvodu,
10. jedinični trošak prijevoza po proizvodu vezan za takt dobave,
11. jedinični trošak prijevoza vezan za takt dobave,
12. prosječna dnevna razina zaliha,
13. prosječnu veličinu dobava,
14. prosječnu veličinu potražnje,
15. rabat za učestalost naručivanja vezan za takt dobave,
16. ukupnu potražnju za proizvodima,
17. varijancu dobava,
18. varijancu potražnje,
19. standardnu devijaciju dobava,
20. standardnu devijaciju potražnje,
21. veličinu promatranog perioda.

Ove zavisne varijable sustava upravljanja zalihama ovisne o postavkama sustava određuju se za svaki od 960 simulacijskih eksperimenata i predstavljaju osnovu za kvantifikaciju čimbenika sustava upravljanja zalihama dobavljačkog lanca. Temeljem navedenih pokazatelja svakog simulacijskog eksperimenta, a za potrebe izrade integralne metode optimalnog upravljanja zalihama dobavljačkog lanca ukupni troškovi sustava upravljanja zalihama predstavljaju zbroj četiri grupe troškova i to: troškova naručivanja proizvoda, troškova držanja proizvoda, troškova prijevoza i troškova nedostataka proizvoda, a zavisno od vrste suradnje s logističkim partnerima mogu biti definirani kao troškovi bez popusta i troškovi s popustima.

Za sve proučavane simulacijske eksperimente, a s ciljem međusobnog uspoređivanja pojedinih simulacijskih eksperimenata, potrebno je odrediti slijedeće vrijednosti:

1. maksimalan broj dobava,
2. maksimalan broj neisporučenih proizvoda,
3. maksimalan koeficijent efekta biča,
4. maksimalan ukupan broj naknadno dobavljenih prvotno neisporučenih proizvoda,
5. maksimalan ukupan trošak bez popusta,
6. maksimalan ukupan trošak s popustima,
7. maksimalnu prosječnu dnevnu razinu zaliha,
8. maksimalnu veličinu dobave.

Radi dobivanja dodatnih informacija i uvida u ponašanje sustava upravljanja zalihama pri postavkama pojedinog simulacijskog eksperimenta potrebno je odrediti i slijedeće pokazatelje sustava upravljanja zalihama:

1. termine izdavanja narudžbi,
2. termine dobava proizvoda,
3. karakteristične s i S razine,

4. standardnu količinu dobave  $Q$ ,
5. stvarnu minimalnu i stvarnu maksimalnu razinu zaliha,
6. stvarni postotak zadovoljavanja potražnje tržišta,
7. minimalnu i maksimalnu veličinu dobava.

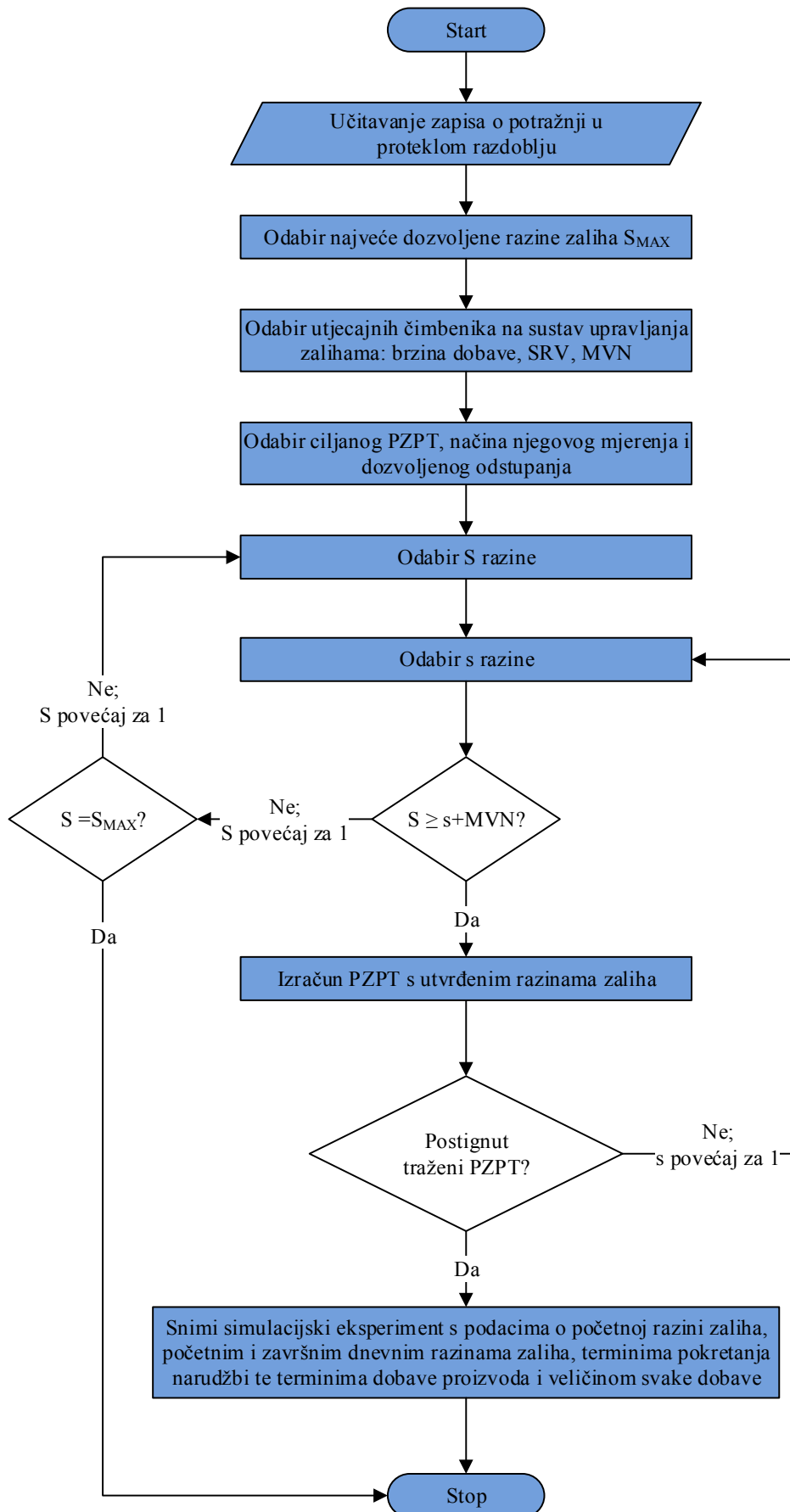
Za potrebe određivanja navedenih zavisnih varijabli sustava upravljanja zalihama nastalih kao rezultat varijacije sedam utjecajnih čimbenika sustava upravljanja zalihama u ukupno 960 simulacijskih eksperimenata izradilo se programsko rješenje za simulaciju sustava upravljanja zalihama u tradicionalnim, nesinkroniziranim dobavljačkim lancima. Određivanje već samo jednog simulacijskog eksperimenta po navedenim kriterijima je praktički nemoguće bez programske podrške.

#### 4. 2. Programsko rješenje za određivanje simulacijskih eksperimenata

Shema razvijenog programskog rješenja za određivanje simulacijskog eksperimenta koji zadovoljava tražene uvjete ( $R$ ,  $s$ ,  $S$ ) modela upravljanja zalihama prikazana je na slici 4.2. Program za određivanje simulacijskog eksperimenta postupkom traženja od najnižih do najviših dozvoljenih razina zaliha proračunava postotak zadovoljavanja potražnje tržišta te u slučaju kad postigne traženi postotak unutar zadanih tolerancija snima rezultat u datoteku unutar koje se određuju vrijednosti zavisnih varijabli sustava upravljanja zalihama. Trajanje postupka određivanja potrebnih razina zaliha koje zadovoljavaju uvjete dobavljačkog lanca je izravno vezano za veličinu promatranog perioda ali i čimbenike upravljanja zalihama prvenstveno za takt dobave budući da on najviše utječe na porast karakterističnih razina zaliha u modelu upravljanja zalihama s periodičnim provjerama i nadopunama nakon provjere koja je utvrdila razinu zaliha manju od razine ponovnog naručivanja.

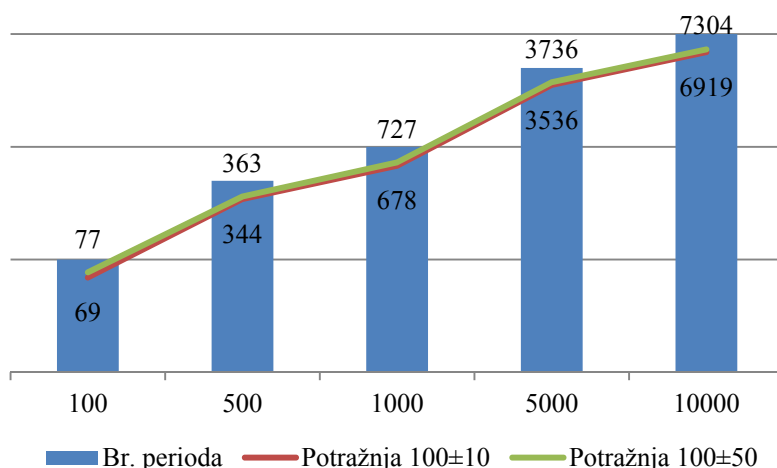
Prikaz vremena potrebnih za određivanje rješenja simulacijskog eksperimenta u zavisnosti od korištenog broja perioda i stupnja kaotičnosti, na računalu s Intel Core i7-930 procesorom (8M predmemorije i takta 2.80 GHz) te s 6Gb radne memorije, prikazan je na slici 4.3. Svi simulacijski eksperimenti su rješavani uz jednake postavke sustava upravljanja zalihama i to za takt dobave od pet radnih dana, nesinkronizirano radno vrijeme, uz evidenciju i naknadnu dobavu prvotno neisporučenih proizvoda, minimalna veličina narudžbe je 200 proizvoda i traženi postotak zadovoljavanja potražnje tržišta je 90% mjereno po broju izravno isporučenih proizvoda. Sa slike je vidljivo da je pri ovakvim postavkama pri potražnji tržišta simuliranu ulaznom datotekom s 1000 zapisa (kao što je slučaj u svim simulacijskim eksperimentima proučavanim u ovom radu) potrebno oko 11 minuta procesorskog vremena. Sa slike 4.3. je također vidljivo da se određivanje karakterističnih razina sustava upravljanja zalihama kod ( $R$ ,  $s$ ,  $S$ ) modela upravljanja zalihama traje prosječno 6% dulje za kaotičniji model potražnje.

Budući da svaki tip potražnje tržišta rezultira s 480 simulacijskih eksperimenata, nužno je definirati jednoznačne oznake simulacijskih eksperimenata te raspored i varijaciju utjecajnih čimbenika na sustav upravljanja zalihama što je vidljivo u tablici 4.1.



Slika 4.2. Prikaz algoritma za određivanje simulacijskog eksperimenta

Pri tome, u tablici 4.1 OSED označava simulacijski eksperiment utvrđen postotkom zadovoljavanja potražnje tržišta mjerenom po danima s u cijelosti zadovoljenom potražnjom, OSEP označava simulacijski eksperiment utvrđen postotkom zadovoljavanja potražnje tržišta mjerenom po broju izravno isporučenih proizvoda, TD označava takt dobave, SRV označava sinkroniziranost radnog vremena, a MVN minimalnu veličinu narudžbe. Vremena prikazana na slici 4.3. dobivena su za postavke koje odgovaraju simulacijskom eksperimentu oznake 380.



**Slika 4.3.** Trajanje proračuna simulacijskog eksperimenta u zavisnosti od broja promatranih perioda i stupnja kaotičnosti potražnje

**Tablica 4.1.** Postavke simulacijskih eksperimenata za oba tipa potražnje za proizvodima

O	O	TD	PZ	S	BL	M
SE	SE		PT	RV		V
D	P					N
1	49	<1	80%	da	ne	1
2	50	<1	80%	da	ne	50
3	51	<1	80%	da	ne	100
4	52	<1	80%	da	ne	200
5	53	<1	90%	da	ne	1
6	54	<1	90%	da	ne	50
7	55	<1	90%	da	ne	100
8	56	<1	90%	da	ne	200
9	57	<1	100%	da	ne	1
10	58	<1	100%	da	ne	50
11	59	<1	100%	da	ne	100
12	60	<1	100%	da	ne	200
13	61	<1	80%	da	da	1
14	62	<1	80%	da	da	50
15	63	<1	80%	da	da	100
16	64	<1	80%	da	da	200
17	65	<1	90%	da	da	1
18	66	<1	90%	da	da	50
19	67	<1	90%	da	da	100
20	68	<1	90%	da	da	200
21	69	<1	100%	da	da	1
22	70	<1	100%	da	da	50
23	71	<1	100%	da	da	100
24	72	<1	100%	da	da	200
25	73	<1	80%	ne	ne	1
26	74	<1	80%	ne	ne	50
27	75	<1	80%	ne	ne	100
28	76	<1	80%	ne	ne	200
29	77	<1	90%	ne	ne	1
30	78	<1	90%	ne	ne	50
31	79	<1	90%	ne	ne	100
32	80	<1	90%	ne	ne	200
33	81	<1	100%	ne	ne	1
34	82	<1	100%	ne	ne	50
35	83	<1	100%	ne	ne	100
36	84	<1	100%	ne	ne	200
37	85	<1	80%	ne	da	1
38	86	<1	80%	ne	da	50
39	87	<1	80%	ne	da	100
40	88	<1	80%	ne	da	200
41	89	<1	90%	ne	da	1
42	90	<1	90%	ne	da	50
43	91	<1	90%	ne	da	100
44	92	<1	90%	ne	da	200
45	93	<1	100%	ne	da	1
46	94	<1	100%	ne	da	50
47	95	<1	100%	ne	da	100
48	96	<1	100%	ne	da	200
97	145	1	80%	da	ne	1
98	146	1	80%	da	ne	50
99	147	1	80%	da	ne	100
100	148	1	80%	da	ne	200
101	149	1	90%	da	ne	1
102	150	1	90%	da	ne	50
103	151	1	90%	da	ne	100
104	152	1	90%	da	ne	200
105	153	1	100%	da	ne	1
106	154	1	100%	da	ne	50
107	155	1	100%	da	ne	100
108	156	1	100%	da	ne	200
109	157	1	80%	da	da	1
110	158	1	80%	da	da	50
111	159	1	80%	da	da	100
112	160	1	80%	da	da	200
113	161	1	90%	da	da	1
114	162	1	90%	da	da	50
115	163	1	90%	da	da	100
116	164	1	90%	da	da	200
117	165	1	100%	da	da	1
118	166	1	100%	da	da	50
119	167	1	100%	da	da	100
120	168	1	100%	da	da	200
121	169	1	80%	ne	ne	1
122	170	1	80%	ne	ne	50
123	171	1	80%	ne	ne	100
124	172	1	80%	ne	ne	200
125	173	1	90%	ne	ne	1

O SE D	O SE P	TD	PZ PT	S RV	BL	M V N
126	174	1	90%	ne	ne	50
127	175	1	90%	ne	ne	100
128	176	1	90%	ne	ne	200
129	177	1	100%	ne	ne	1
130	178	1	100%	ne	ne	50
131	179	1	100%	ne	ne	100
132	180	1	100%	ne	ne	200
133	181	1	80%	ne	da	1
134	182	1	80%	ne	da	50
135	183	1	80%	ne	da	100
136	184	1	80%	ne	da	200
137	185	1	90%	ne	da	1
138	186	1	90%	ne	da	50
139	187	1	90%	ne	da	100
140	188	1	90%	ne	da	200
141	189	1	100%	ne	da	1
142	190	1	100%	ne	da	50
143	191	1	100%	ne	da	100
144	192	1	100%	ne	da	200
193	241	3	80%	da	ne	1
194	242	3	80%	da	ne	50
195	243	3	80%	da	ne	100
196	244	3	80%	da	ne	200
197	245	3	90%	da	ne	1
198	246	3	90%	da	ne	50
199	247	3	90%	da	ne	100
200	248	3	90%	da	ne	200
201	249	3	100%	da	ne	1
202	250	3	100%	da	ne	50
203	251	3	100%	da	ne	100
204	252	3	100%	da	ne	200
205	253	3	80%	da	da	1
206	254	3	80%	da	da	50
207	255	3	80%	da	da	100
208	256	3	80%	da	da	200
209	257	3	90%	da	da	1
210	258	3	90%	da	da	50
211	259	3	90%	da	da	100
212	260	3	90%	da	da	200
213	261	3	100%	da	da	1
214	262	3	100%	da	da	50
215	263	3	100%	da	da	100
216	264	3	100%	da	da	200
217	265	3	80%	ne	ne	1
218	266	3	80%	ne	ne	50
219	267	3	80%	ne	ne	100
220	268	3	80%	ne	ne	200
221	269	3	90%	ne	ne	1
222	270	3	90%	ne	ne	50
223	271	3	90%	ne	ne	100
224	272	3	90%	ne	ne	200
225	273	3	100%	ne	ne	1
226	274	3	100%	ne	ne	50
227	275	3	100%	ne	ne	100
228	276	3	100%	ne	ne	200
229	277	3	80%	ne	da	1

O SE D	O SE P	TD	PZ PT	S RV	BL	M V N
230	278	3	80%	ne	da	50
231	279	3	80%	ne	da	100
232	280	3	80%	ne	da	200
233	281	3	90%	ne	da	1
234	282	3	90%	ne	da	50
235	283	3	90%	ne	da	100
236	284	3	90%	ne	da	200
237	285	3	100%	ne	da	1
238	286	3	100%	ne	da	50
239	287	3	100%	ne	da	100
240	288	3	100%	ne	da	200
289	337	5	80%	da	ne	1
290	338	5	80%	da	ne	50
291	339	5	80%	da	ne	100
292	340	5	80%	da	ne	200
293	341	5	90%	da	ne	1
294	342	5	90%	da	ne	50
295	343	5	90%	da	ne	100
296	344	5	90%	da	ne	200
297	345	5	100%	da	ne	1
298	346	5	100%	da	ne	50
299	347	5	100%	da	ne	100
300	348	5	100%	da	ne	200
301	349	5	80%	da	da	1
302	350	5	80%	da	da	50
303	351	5	80%	da	da	100
304	352	5	80%	da	da	200
305	353	5	90%	da	da	1
306	354	5	90%	da	da	50
307	355	5	90%	da	da	100
308	356	5	90%	da	da	200
309	357	5	100%	da	da	1
310	358	5	100%	da	da	50
311	359	5	100%	da	da	100
312	360	5	100%	da	da	200
313	361	5	80%	ne	ne	1
314	362	5	80%	ne	ne	50
315	363	5	80%	ne	ne	100
316	364	5	80%	ne	ne	200
317	365	5	90%	ne	ne	1
318	366	5	90%	ne	ne	50
319	367	5	90%	ne	ne	100
320	368	5	90%	ne	ne	200
321	369	5	100%	ne	ne	1
322	370	5	100%	ne	ne	50
323	371	5	100%	ne	ne	100
324	372	5	100%	ne	ne	200
325	373	5	80%	ne	da	1
326	374	5	80%	ne	da	50
327	375	5	80%	ne	da	100
328	376	5	80%	ne	da	200
329	377	5	90%	ne	da	1
330	378	5	90%	ne	da	50
331	379	5	90%	ne	da	100
332	380	5	90%	ne	da	200
333	381	5	100%	ne	da	1

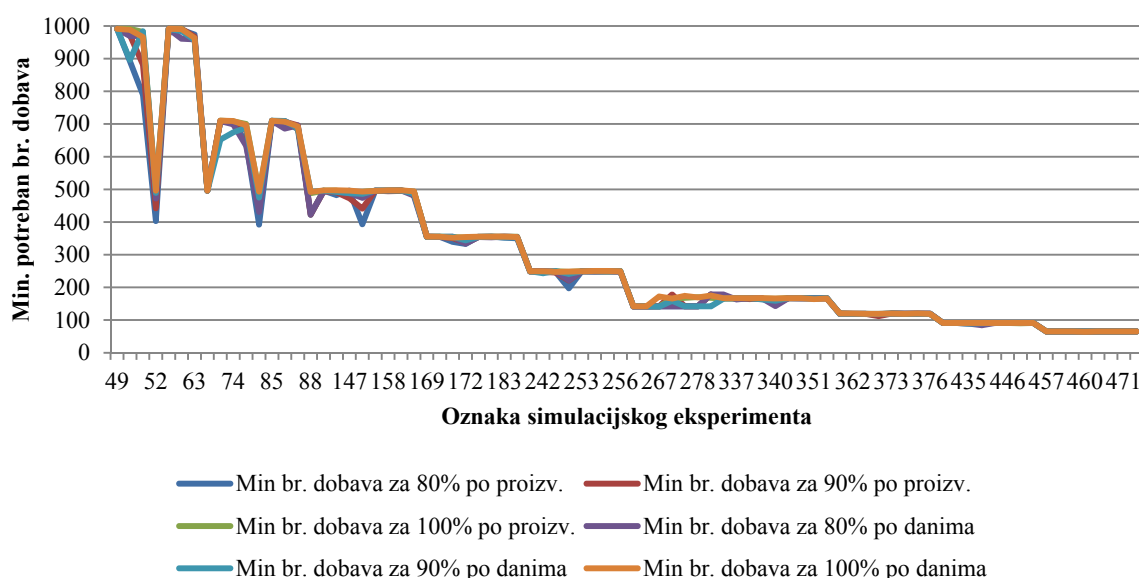
O SE D	O SE P	TD	PZ PT	S RV	BL	M V N
334	382	5	100%	ne	da	50
335	383	5	100%	ne	da	100
336	384	5	100%	ne	da	200
385	433	10	80%	da	ne	1
386	434	10	80%	da	ne	50
387	435	10	80%	da	ne	100
388	436	10	80%	da	ne	200
389	437	10	90%	da	ne	1
390	438	10	90%	da	ne	50
391	439	10	90%	da	ne	100
392	440	10	90%	da	ne	200
393	441	10	100%	da	ne	1
394	442	10	100%	da	ne	50
395	443	10	100%	da	ne	100
396	444	10	100%	da	ne	200
397	445	10	80%	da	da	1
398	446	10	80%	da	da	50
399	447	10	80%	da	da	100
400	448	10	80%	da	da	200
401	449	10	90%	da	da	1
402	450	10	90%	da	da	50
403	451	10	90%	da	da	100
404	452	10	90%	da	da	200
405	453	10	100%	da	da	1
406	454	10	100%	da	da	50
407	455	10	100%	da	da	100
408	456	10	100%	da	da	200
409	457	10	80%	ne	ne	1
410	458	10	80%	ne	ne	50
411	459	10	80%	ne	ne	100
412	460	10	80%	ne	ne	200
413	461	10	90%	ne	ne	1
414	462	10	90%	ne	ne	50
415	463	10	90%	ne	ne	100
416	464	10	90%	ne	ne	200
417	465	10	100%	ne	ne	1
418	466	10	100%	ne	ne	50
419	467	10	100%	ne	ne	100
420	468	10	100%	ne	ne	200
421	469	10	80%	ne	da	1
422	470	10	80%	ne	da	50
423	471	10	80%	ne	da	100
424	472	10	80%	ne	da	200
425	473	10	90%	ne	da	1
426	474	10	90%	ne	da	50
427	475	10	90%	ne	da	100
428	476	10	90%	ne	da	200
429	477	10	100%	ne	da	1
430	478	10	100%	ne	da	50
431	479	10	100%	ne	da	100
432	480	10	100%	ne	da	200

### 4. 3. Kvantifikacija pokazatelja sustava upravljanja zalihama za kaotični model potražnje veličine $100\pm 10$ proizvoda dnevno

#### 4. 3. 1. Minimalan potreban broj dobava

Minimalan potreban broj dobava ( $B_{DB}$ ) je pokazatelj koji upućuje na potrebne logističke aspekte sustava upravljanja zalihama pri čemu je prvenstveno posljedica odabranog takta dobave, ali kako će simulacijski eksperimenti pokazati, značajan utjecaj na minimalan potreban broj dobava pokazuje i minimalna veličina dobave.

Na slici 4.4. prikazane su vrijednosti minimalnog potrebnog broja dobava za ispunjavanje odgovarajućeg postotka zadovoljavanja potražnje tržišta i to mjereno po broju izravno isporučenih proizvoda i po broju dana s u cijelosti ispunjenom potražnjom.



**Slika 4.4.** Minimalan broj dobava potrebnih za ispunjenje odgovarajućeg PZPT pri potražnji  $100\pm 10$  proizvoda dnevno

Vidljivo je da se smanjenjem takta dobave odnosno, porastom dana dobave smanjuje potreban broj dobava. Neovisno o načinu mjerenja postotka zadovoljavanja potražnje tržišta i o njegovom iznosu, za svih šest nizova vrijednosti minimalnog broja dobava utvrđene su vrlo ujednačene vrijednosti. Značajna smanjenja minimalnog broja dobava pojavljuju se u simulacijskim eksperimentima s visokim taktom dobave uz minimalnu veličinu narudžbe u visini dvostruke prosječne dnevne potražnje pri kojima uz isti takt dobave minimalan potreban broj dobava pada s prosječno 990 za slučaj bez minimalne veličine narudžbe na približno 420 dobava uz minimalnu veličinu narudžbe u visini dvostruke prosječne dnevne potražnje. Sa smanjenjem takta dobave, utjecaj minimalne veličine narudžbe na ukupan broj dobava u promatranom periodu od 1000 radnih dana se smanjuje te u konačnici postaje beznačajan.

Minimalan potreban broj dobava za ispunjenje potražnje, mjereno putem postotka zadovoljavanja potražnje tržišta po broju izravno isporučenih proizvoda je 65 u simulacijskim

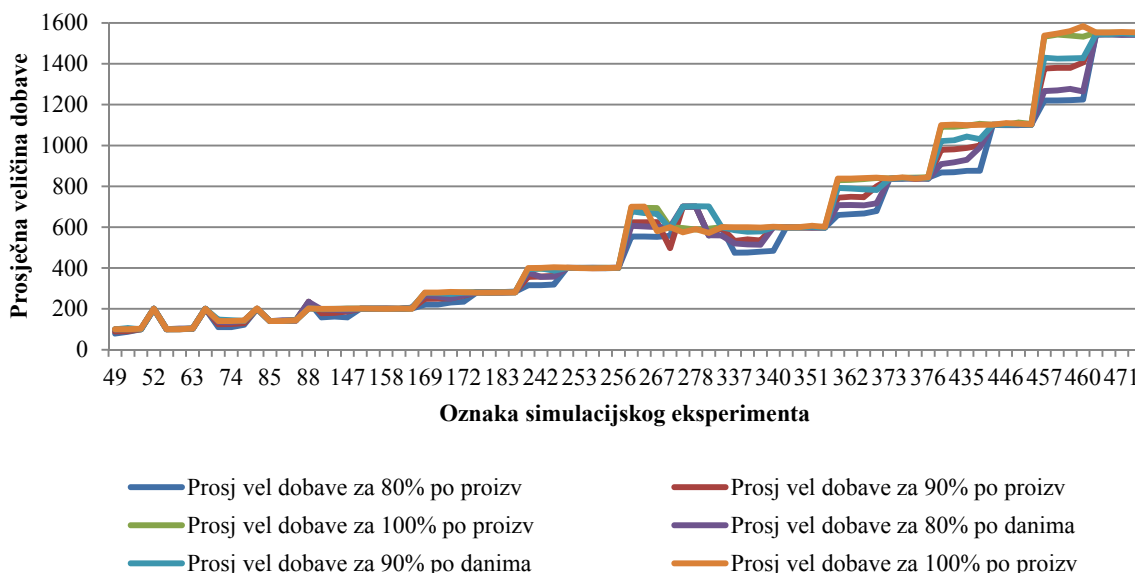


eksperimentima oznaka 457 do 480 s iznimkom simulacijskog eksperimenta oznake 464 u kojem je utvrđen minimalan potreban broj dobava 64. Najveći broj dobava mjeren na isti način je 991, a pojavljuje se devet puta isključivo uz takt dobave manji od jednog dana i od toga šest simulacijskih eksperimenata bez minimalne veličinu narudžbe, a tri simulacijska eksperimenta s minimalnom veličinom narudžbe od 50 proizvoda.

Minimalan potreban broj dobava za ispunjenje potražnje, mjeren putem postotka zadovoljavanja potražnje tržišta po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom je 65 u simulacijskim eksperimentima oznaka 409 do 432 s iznimkom simulacijskog eksperimenta oznake 420 u kojem je utvrđen minimalan broj dobava od 64. Najveći broj dobava mjeren na isti način je 991, a pojavljuje se šest puta isključivo uz takt dobave manji od jednog dana i bez minimalne veličine narudžbe.

#### 4.3.2. Prosječna veličina dobave

Prosječna veličina dobave ( $\mu_{DOB}$ ) je izravno vezana za karakteristične razine sustava upravljanja zalihama i takt dobave. Na slici 4.5. prikazana je prosječna veličina dobave potrebna za ispunjavanje odgovarajućeg postotka zadovoljavanja potražnje tržišta i to mjereno po broju izravno isporučenih proizvoda i po broju dana s u cijelosti ispunjenom potražnjom. Vidljivo je da se smanjenjem takta dobave povećava prosječna veličina dobave, međutim, pritom se i razlike između veličina dobava za različite postotke zadovoljavanja potražnje tržišta povećavaju.



**Slika 4.5.** Prosječna veličina dobave potrebna za ispunjenje odgovarajućeg PZPT pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno

Odstupanja među prosječnim veličinama dobava, a vezanima za različite vrijednosti postotaka zadovoljavanja potražnje tržišta, povećavaju se sa smanjenjem takta dobave proizvoda. Prosječne veličine dobava za različite postotke zadovoljavanja potražnje tržišta uz jednaki takt dobava su gotovo jednake ukoliko poslovni sustav posluje s evidencijom neisporučenih

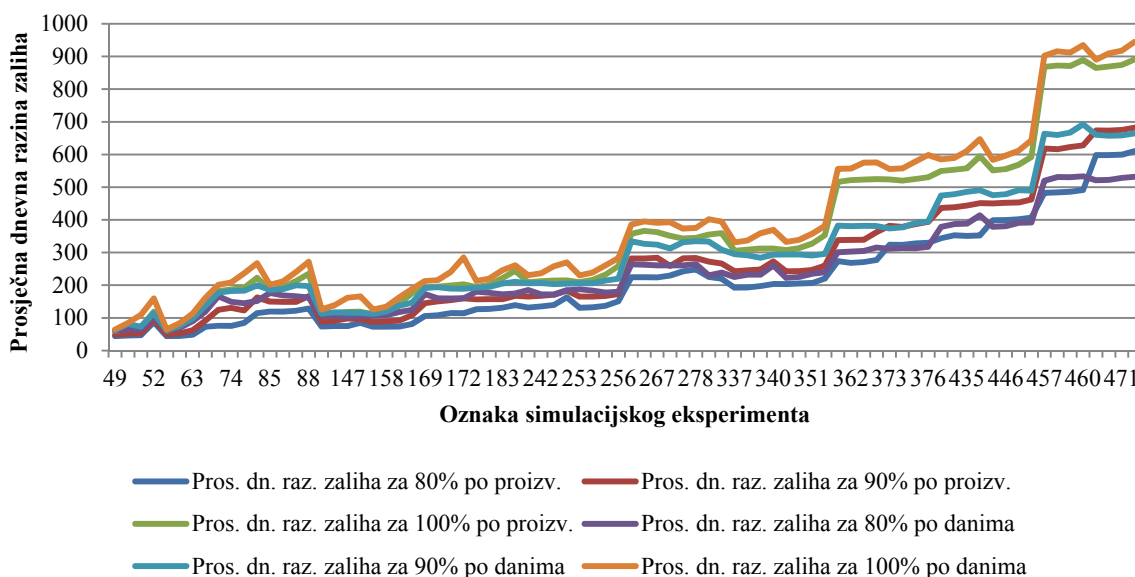
proizvoda i sa sinkroniziranim radnim vremenom sa svojim dobavljačem što je vidljivo iz rezultata simulacija 445 do 448, 469 do 472 itd.

S druge strane, značajna odstupanja u prosječnoj veličini dobave uz jednaki takt dobave pojavljuju se kada poslovni sustav ne posluje s evidencijom neisporučenih proizvoda ali posluje sa sinkroniziranim radnim vremenom sa svojim dobavljačem što je vidljivo iz rezultata simulacija 433 do 436, 457 do 460 itd. Simulacijskim eksperimentima je utvrđeno da su najveće prosječne veličine dobava u slučajevima s najduljim vremenom dobave kod nesinkroniziranog radnog vremena i kad promatrani poslovni sustav posluje s evidencijom i naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda, a pritom postotak zadovoljavanja potražnje tržišta i parcelacija ne utječu značajno na prosječnu veličinu dobave.

#### 4. 3. 3. Prosječna dnevna razina zaliha

Prosječna dnevna razina zaliha ( $\mu_{ZAL}$ ) promatranog simulacijskog eksperimenta računa se kao prosjek prosječnih dnevnih razina zaliha (računavši na način (završna dnevna razina - početna dnevna razina) / 2 uz uvjet da su zalihe nenegativne).

Na slici 4.6. prikazane su vrijednosti prosječnih dnevnih razina zaliha mjerenih po broju izravno isporučenih proizvoda i po broju dana s u cijelosti ispunjenom potražnjom. Smanjenjem takta dobave povećavaju se prosječne dnevne razine zaliha. Također, porastom postotka zadovoljavanja potražnje tržišta raste i prosječna dnevna razina zaliha.



**Slika 4.6.** Prosječna dnevna razina zaliha potrebna za ispunjenje odgovarajućeg PZPT pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno

Za postotke zadovoljavanja potražnje tržišta od 80% i 90% mjerene na oba načina, prosječne dnevne razine zaliha se isprepliću te se ne može reći koji način utvrđivanja ciljanog postotka zadovoljavanja potražnje tržišta rezultira većim prosječnim razinama zaliha. S druge strane, postotak zadovoljavanja potražnje tržišta od 100% mjereno po broju dana s u cijelosti

ispunjenom potražnjom rezultira uvijek većom prosječnom razinom zaliha u odnosu na postotak zadovoljavanja potražnje tržišta mjeren po broju izravno isporučenih proizvoda.

S porastom postotka zadovoljavanja potražnje tržišta, nesinkronizirano radno vrijeme značajno utječe na povećanje dnevne razine zaliha i to najviše u simulacijskim eksperimentima s taktom dobave do jednog dana gdje se u odnosu na ekvivalentan simulacijski eksperiment sa sinkroniziranim radnim vremenom prosječna dnevna razina zaliha povećava i više od 200% (npr. simulacijski eksperiment 89 u usporedbi s 65, 81 u usporedbi s 57, 93 u usporedbi s 69 itd.). Najveći porast uzrokovan nesinkroniziranim radnim vremenom pojavljuje se u simulacijskom eksperimentu 93 gdje iznosi 209% u odnosu na eksperiment oznake 81. Ovako velika relativna povećanja prosječnih dnevnih razina zaliha vidljive su samo ukoliko je takt dobave do jednog radnog dana. Sa smanjenjem takta dobave značajno se smanjuje i relativno povećanje prosječne dnevne razine zaliha pa tako za takt dobave od 5 i 10 dana povećanje iznosi prosječno 40%, a najmanje povećanje iznosi 31% za simulacijski eksperiment oznake 76 s taktom dobave do jednog radnog dana, nesinkroniziranim radnim vremenom, za postotak zadovoljavanja potražnje tržišta od 80% i minimalnu veličinu narudžbe u visini dvostruke dnevne potražnje za proizvodima.

#### 4. 3. 4. Koeficijent efekta biča

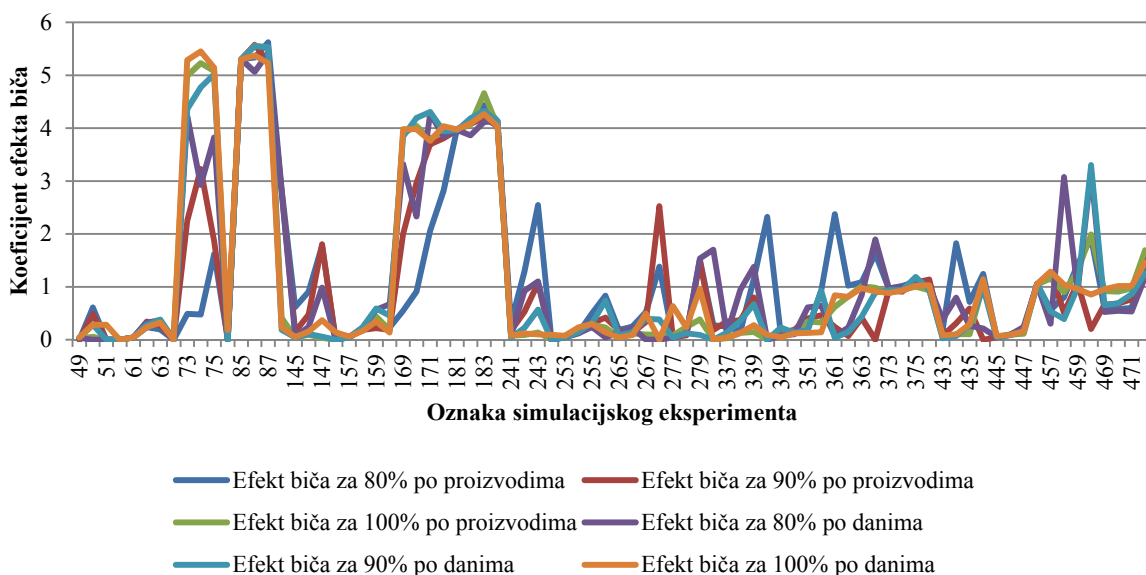
Efekt biča, kao što je prikazano u poglavlju 2.5, predstavljen je koeficijentom efekta biča koji se izračunava kao kvocijent umnoška varijance dobave i prosječne vrijednosti potražnje i varijance potražnje i prosječne vrijednosti dobave promatranog poslovnog sustava. S porastom efekta biča, povećavaju se i negativne posljedice na dobavljača promatranog poslovnog sustava ali i ostale učesnike dobavljačkog lanca, poslovne sustave u dobavljačkom lancu u smjeru proizvođača. Zbog toga, jedan od osnovnih ciljeva optimalnog upravljanja zalihama dobavljačkog lanca je i smanjenje efekta biča.

Sa slike 4.7 je vidljivo da se najveće vrijednosti efekta biča pojavljuju u simulacijskim eksperimentima s taktovima dobave manjim od jednog dana i jednim danom, a indikativno je da i sve vrijednosti koeficijenta efekta biča preko 4 odgovaraju ovim dvjema taktovima nevezano o iznosu postotka zadovoljavanja potražnje tržišta i načinu njegova mjerenja.

Od 240 simulacijskih eksperimenata s postotkom zadovoljavanja potražnje tržišta mjerenom po izravno isporučenim proizvodima, u 22 je koeficijent efekta biča veći od 4, a u ukupno 41 je veći od 2. Od promatranog 41 simulacijskog eksperimenta, u njih 16 tj. 39% je takt dobave do jedan radni dan, u 21 tj. 51,2% je takt dobave 1 radni dana, u svi ostalim taktovima dobave  $E_B > 2$  se pojavljuje u ukupno četiri slučaja i to dva puta kod takta dobave od tri i pet dana, a nijednom kod takta dobave od 10 radnih dana. Dakle, simulacijskim eksperimentima sustava upravljanja zalihama je utvrđeno da visoki taktovi dobave do jednog radnog dana sudjeluju u pojavljivanju visokog efekta biča u više od 90% slučajeva što je vidljivo i sa slike 4.8.

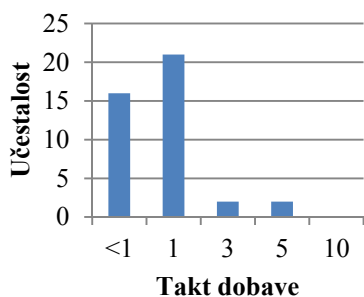
Utjecaj sinkroniziranosti radnog vremena s dobavljačem pokazuje izraziti utjecaj na pojavu visokih vrijednosti efekta biča. Od promatranog 41 simulacijskog eksperimenta samo dva tj.

4,9% su vršena za sinkronizirano radno vrijeme, dok u preostalim 39 tj. 95,1% simulacijski eksperimenti su vršeni na nesinkroniziranom radnom vremenu, vidljivo sa slike 4.9.

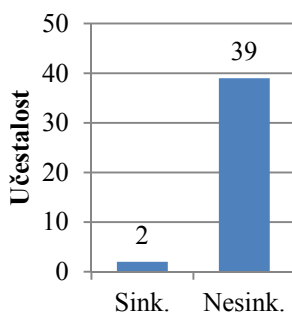


**Slika 4.7.** Koefficient efekta biča u odnosu na ispunjeni PZPT pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno

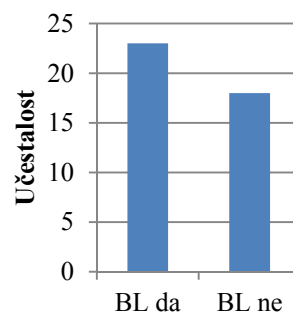
Evidencija i naknadna dobava prvotno neisporučenih proizvoda pokazuje blagi utjecaj na povećanje vrijednosti efekta biča iznad 2 budući da 23 simulacijska eksperimenta tj. 56,1% su vršena za ovakav način poslovanja, dok u preostalim 18 tj. 43,9% slučajeva, nije se poslovalo na ovaj način, vidljivo sa slike 4.10.



**Slika 4.8.** Učestalost  $E_B > 2$  u zavisnosti od takta dobave



**Slika 4.9.** Učestalost  $E_B > 2$  u zavisnosti od sinkr. rad. vr.

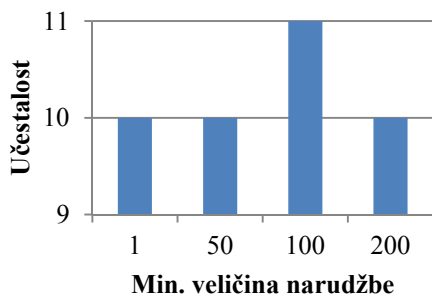


**Slika 4.10.** Učestalost  $E_B > 2$  u zavisnosti od BL-a

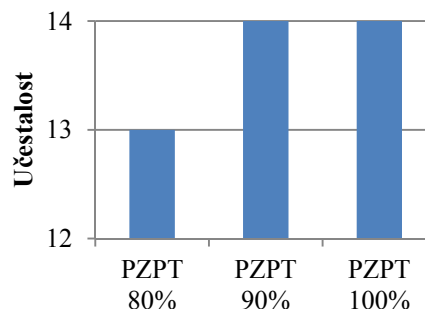
Sa slika 4.11 i 4.12 vidljiva je ujednačenost minimalnih veličina narudžbi i visina postotka zadovoljavanja potražnje tržišta na pojavu visokih vrijednosti efekta biča pa se može zaključiti da oni ne utječu u značajnoj mjeri na njegovu pojavu.

Od 240 simulacijskih eksperimenata s postotkom zadovoljavanja potražnje tržišta mjerenom po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom, u 28 je koefficient efekta biča veći od 4, a u ukupno 46 je veći od 2. Od promatranih 46 simulacijskih eksperimenata, u njih 19 tj. 41,3% je takt dobave do jedan radni dan, u 24 tj. 52,2% je takt dobave jedan radni dana. Sustavi

upravljanja zalihama sa taktovima dobave od tri i pet dana ne pokazuju niti jednu vrijednost efekta biča veću od 2, dok se  $E_B > 2$  pojavljuje još u tri slučaja s taktom dobave od 10 dana. Dakle, simulacijskim eksperimentima sustava upravljanja zalihama temeljenim na postotku zadovoljavanja potražnje tržišta mjerenim s brojem dana s u cijelosti ispunjenom potražnjom je utvrđeno da visoki taktovi dobave do jednog radnog dana sudjeluju u pojavljivanju visokog efekta biča u više od 93% slučajeva što je vidljivo i sa slike 4.13.



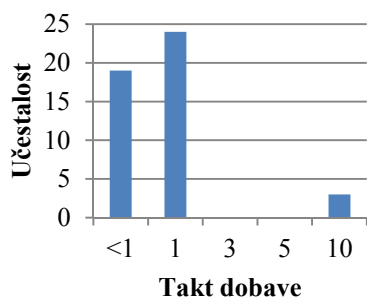
**Slika 4.11.** Učestalost  $E_B > 2$  u zavisnosti od minimalne veličine narudžbe



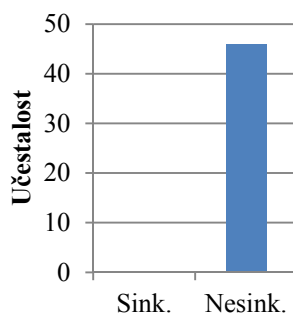
**Slika 4.12.** Učestalost  $E_B > 2$  u zavisnosti od postotka zadovoljavanja potražnje tržišta

Utjecaj sinkroniziranosti radnog vremena s dobavljačem pokazuje izraziti utjecaj na pojavu visokih vrijednosti efekta biča. Od promatranih 46 simulacijskih eksperimenata svih 46 su vršena na nesinkroniziranom radnom vremenu, vidljivo sa slike 4.14.

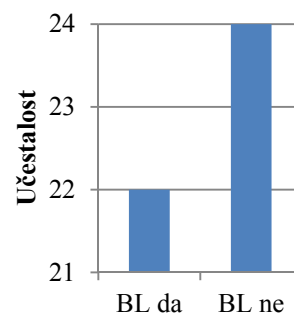
Sa slike 4.15 je vidljivo da evidencija i naknadna dobava prvotno neisporučenih proizvoda pokazuje blagi utjecaj na povećanje vrijednosti efekta biča iznad 2 budući da 22 simulacijska eksperimenata tj. 47,8% su vršena za ovakav način poslovanja, dok u preostalim 24 tj. 52,2% slučajeva, nije se poslovalo na ovaj način.



**Slika 4.13.** Učestalost  $E_B > 2$  u zavisnosti od takta dobave



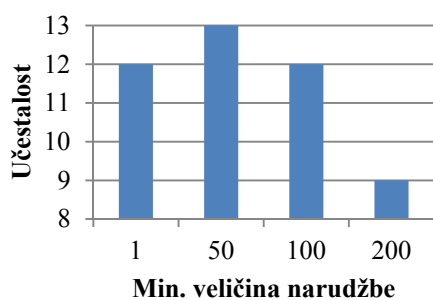
**Slika 4.14.** Učestalost  $E_B > 2$  u zavisnosti od sinkr. rad. vr.



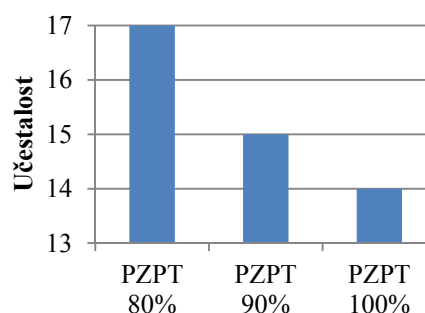
**Slika 4.15.** Učestalost  $E_B > 2$  u zavisnosti od BL-a

Sa slike 4.16 je vidljiva ujednačenost minimalnih veličina narudžbi do prosječne dvostruke visine dnevne potražnje u simulacijskim eksperimentima s  $E_B > 2$ . Minimalna veličina narudžbe u visini dvostruke dnevne potražnje u simulacijskim eksperimentima s  $E_B > 2$  se pojavljuje 9 puta u usporedbi s prosječnim 12,3 puta pri manjim vrijednostima minimalnih veličina narudžbi iz čega se može zaključiti da porast minimalne veličine narudžbe iznad prosječne dnevne potražnje utječe na smanjenje efekta biča. Porastom postotka zadovoljavanja potražnje tržišta

mjerenog putem broja dana s u cijelosti ispunjenom potražnjom za proizvodima dolazi do smanjenja učestalosti pojavljivanja simulacijskih eksperimenata s  $E_b > 2$  sa 17 za 80%, 15 za 90% te u konačnici na 14 za 100%, vidljivo sa slike 4.17.



**Slika 4.16.** Učestalost  $E_b > 2$  u zavisnosti od minimalne veličine narudžbe

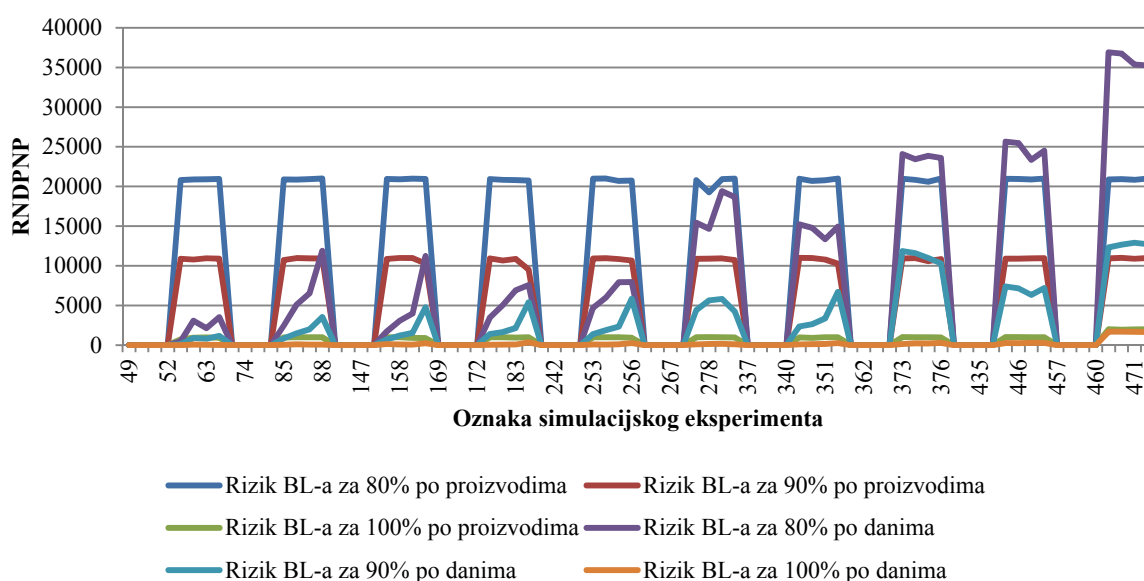


**Slika 4.17.** Učestalost  $E_b > 2$  u zavisnosti od postotka zadovoljavanja potražnje tržišta

#### 4. 3. 5. Rizik naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda

Rizik naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda (RNDPNP) se pojavljuje budući da određeni postotak kupaca, iako su najavili kupovinu neisporučenih proizvoda, od nje odustane. Zbog toga se rizik naknadne dobave neisporučenih proizvoda pojavljuje samo u slučaju kada promatrani poslovni sustav vodi evidenciju i naknadno dobavlja proizvode koje u određenom trenutku nije mogao isporučiti. Kako bi se smanjila promjenjivost ovog pokazatelja, on ne koristi financijske pokazatelje već se isključivo temelji na broju proizvoda.

Sa slike 4.18 je vidljivo da rizik naknadne dobave neisporučenih proizvoda za simulacijske eksperimente grupirane po PZPT mjenom po broju izravno isporučenih proizvoda ne ovisi o taktu dobave već isključivo o visini postotka zadovoljavanje potražnje tržišta.

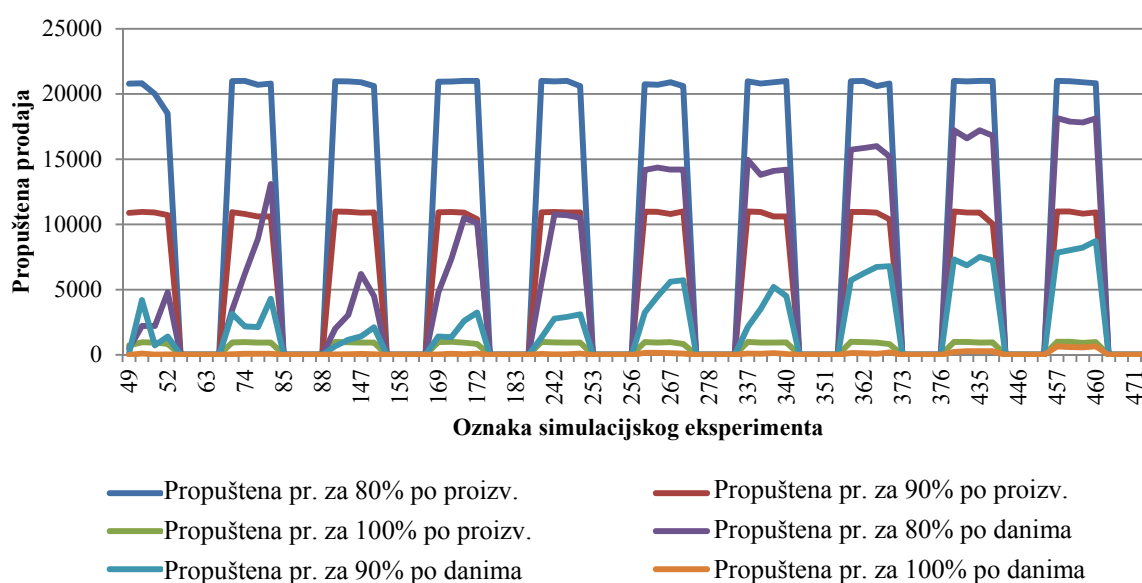


**Slika 4.18.** Rizik naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda u odnosu na ispunjeni PZPT pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno

S druge strane, rizik naknadne dobave neisporučenih proizvoda za simulacijske eksperimente grupirane po PZPT mjenenog po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom za proizvodima pokazuje znatno manje vrijednosti u usporedbi s mjerenjem PZPT po proizvodima za visoke taktove dobave, dok se značajan rast pojavljuje s porastom roka dobave proizvoda na 5 i više dana uz nesinkronizirano radno vrijeme.

#### 4. 3. 6. Propuštena prodaja

Propuštena prodaja mjerena brojem neisporučenih proizvoda je pokazatelj koji uzima u odnos ukupnu potražnju za proizvodima i ukupno isporučeni broj proizvoda u simulacijskom eksperimentu. Kad bi promatrani poslovni sustav isporučio sve tražene proizvode, ne bi postojala propuštena prodaja odnosno, poslovni sustav bi ostvario maksimalni mogući prihod temeljem isporuke proizvoda. Propuštena prodaja izravno je vezana za ciljani PZPT mjenen po broju isporučenih proizvoda budući da taj pokazatelj govori koliko je izravno isporučeno proizvoda klijentima. Ovdje treba uzeti u obzir da PZPT mjenen bilo po broju proizvoda ili po broju dana s u cijelosti ispunjenom potražnjom izravno pokazuje propuštenu prodaju samo ukoliko promatrani poslovni sustav ne koristi u svojem poslovanju evidenciju i naknadnu dobavu neisporučenih proizvoda. Naime, ukoliko koristi, PZPT mjenen po bilo kojoj osnovi neće umanjiti ukupno isporučenu količinu proizvoda u promatranom simulacijskom eksperimentu. Zbog navedenog, svi simulacijski eksperimenti s evidencijom i naknadnom dobavom neisporučenih proizvoda pokazuju visinu propuštene prodaje 0. Sa slike 4.19 je vidljivo da je propuštena prodaja za simulacijske eksperimente utemeljene na PZPT mjenenom po broju izravno isporučenih proizvoda vrlo ujednačena i predvidiva bez obzira za koji je postotak simulacijski eksperiment izrađen. Mala odstupanja od ujednačenih vrijednosti za isti postotak zadovoljavanja potražnje tržišta pojavljuju se zbog tolerancije postotka zadovoljavanja potražnje tržišta definirane prilikom izrade simulacijskog eksperimenta.



**Slika 4.19.** Propuštena prodaja u odnosu na PZPT pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno

Propuštena prodaja u simulacijskim eksperimentima utemeljenim na PZPT mjerenom po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom je neujednačenih vrijednosti, ali uvijek manjih od simulacijskih eksperimenata jednakih postavki mjerenih po broju proizvoda s time da se sa smanjenjem takta dobave razlika značajno smanjuje između propuštene prodaje mjerene po broju proizvoda i po broju dana.

#### 4. 3. 7. Troškovi sustava upravljanja zalihama bez popusta

Troškovi su jedan od najvažnijih aspekata proučavanja sustava upravljanja zalihama koji pogotovo dobiva na značaju pri optimalnom podešavanju dobavljačkih lanaca u modernom, konkurentnom poslovnom okruženju. Prema znanstvenoj i stručnoj literaturi, ukupni troškovi sustava upravljanja zalihama bez popusta izračunavaju se kao zbroj troškova naručivanja, troškova prijevoza, troškova držanja zaliha i troškova nedostatka proizvoda pri čemu se sastavni troškovi sustava upravljanja zalihama bez popusta izračunavaju na način:

- trošak naručivanja = jedinični trošak naručivanja · br. dobava = 30NJ · broj dobava
- trošak prijevoza = jedinični trošak prijevoza · br. dobava + jedinični trošak prijevoza po proizvodu · br. dobavljenih proizvoda = 10NJ · broj dobava + 1 NJ · broj dobavljenih proizvoda
- trošak držanja = jedinični trošak držanja proizvoda · prosječna dnevna razina zaliha · period = 0,03NJ · prosječna dnevna razina zaliha · 1000
- trošak nedostatka proizvoda = jedinični trošak nedostatka proizvoda · broj naknadno dobavljenih proizvoda = 0,3NJ · broj naknadno dobavljenih proizvoda

##### 4. 3. 7. 1. Troškovi sustava upravljanja zalihama bez popusta mjereni po broju isporučenih proizvoda

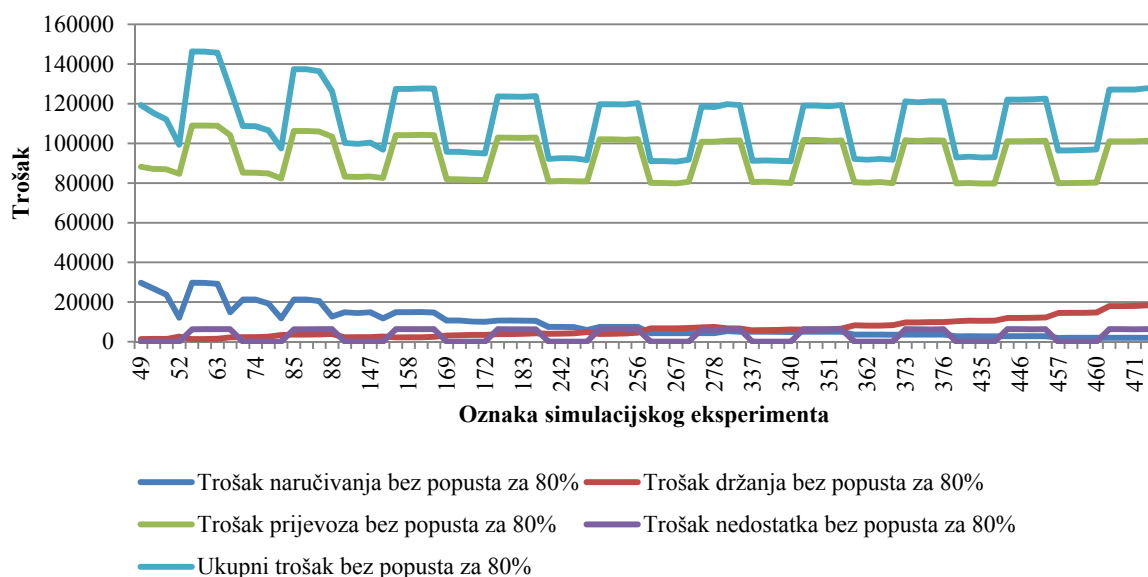
Ukupni troškovi sustava upravljanja zalihama i sve četiri njihove komponente za 80%, 90% i 100% potražnje tržišta mjereno po broju izravno isporučenih proizvoda prikazane su na slikama 4.20 do 4.22.

Najveći troškovi naručivanja pojavljuju se u simulacijskim eksperimentima s taktom dobave do jednog dana budući da je u tim eksperimentima ujedno i najveći broj narudžbi. Smanjenjem takta dobave smanjuju se i troškovi naručivanja. Simulacijskim eksperimentima je utvrđeno da se 15 najvećih troškova naručivanja od 240 proučavanih pojavljuje u simulacijskim eksperimentima s taktom dobave do jednog radnog dana, sinkroniziranim radnim vremenom, minimalnom veličinom narudžbe do dvostruke dnevne potražnje, nevezano za postotak zadovoljavanja potražnje tržišta i češće pri poslovanju s evidencijom i naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda nego bez evidencije (devet puta s vođenjem evidencije i šest puta bez).

Troškovi držanja zaliha rastu sa smanjenjem takta dobave, a s povećanjem postotka zadovoljavanja potražnje tržišta vidljivi su skokovi u ovoj grupi troškova izazvani poslovanjem bez evidencije o prvotno neisporučenim proizvodima i njihove naknadne dobave budući da u

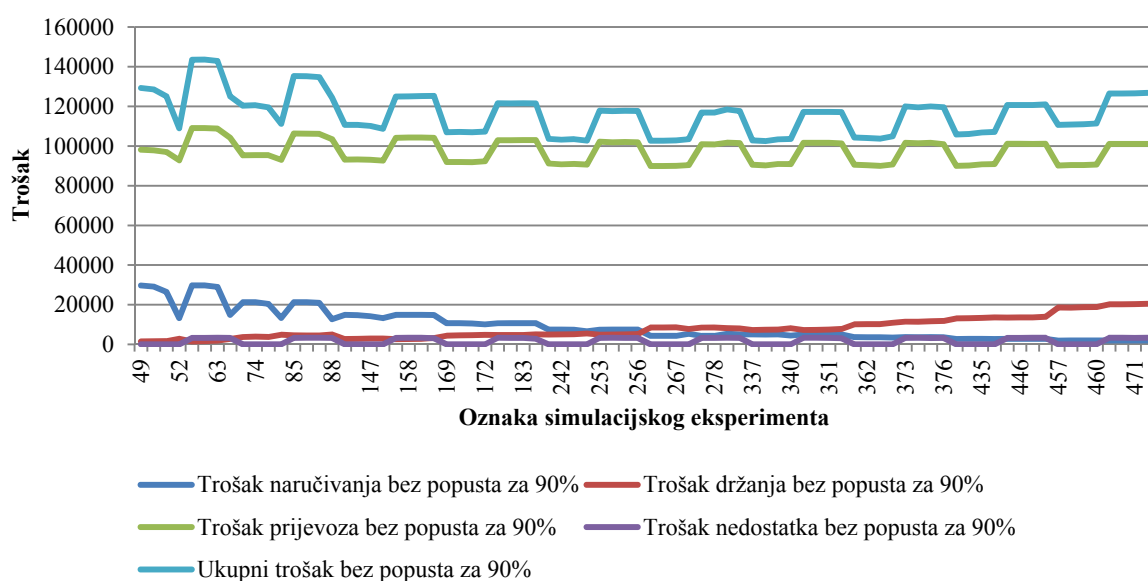


tim slučajevima dobava proizvoda je rijetka, a da bi se postigao visoki postotak zadovoljavanja potražnje tržišta mora se proizvode držati na skladištu.



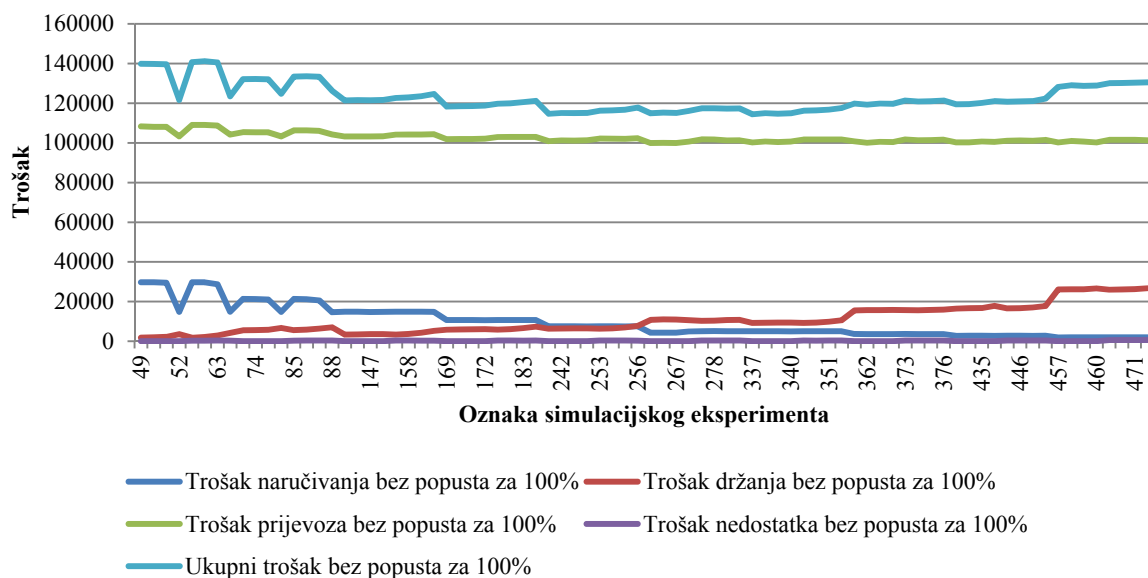
**Slika 4.20.** Troškovi SUZ bez popusta za PZPT od 80% mjenom po broju izravno isporučenih proizvoda pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno

Iz simulacijskih eksperimenata je vidljivo da troškovi prijevoza pokazuju značajne skokove u simulacijskim eksperimentima sustava upravljanja zalihama koji posluju s evidencijom i naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda a da lagano opadaju s povećanjem minimalne veličine narudžbe. Međutim, kao što je vidljivo sa slika 4.21 i 4.22 s porastom postotka zadovoljavanja potražnje tržišta razlika između poslovanja s i bez evidencije i naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda se značajno smanjuje, pa tako za 100% razlika gotovo da i ne postoji.



**Slika 4.21.** Troškovi SUZ bez popusta za PZPT od 90% mjenom po broju izravno isporučenih proizvoda pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno

Troškovi nedostatka i naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda pojavljuju se samo u onim simulacijskim eksperimentima u kojim se koristi poslovanje s vođenjem evidencije o prvotno neisporučenim proizvodima i isti se naknadno dobavljaju. U tom slučaju, najveće vrijednosti troškova nedostatka proizvoda se pojavljuju u simulacijskim eksperimentima s postotkom zadovoljavanja potražnje tržišta od 80%.



**Slika 4.22.** Troškovi SUZ bez popusta za PZPT od 100% mjenom po broju izravno isporučenih proizvoda pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno

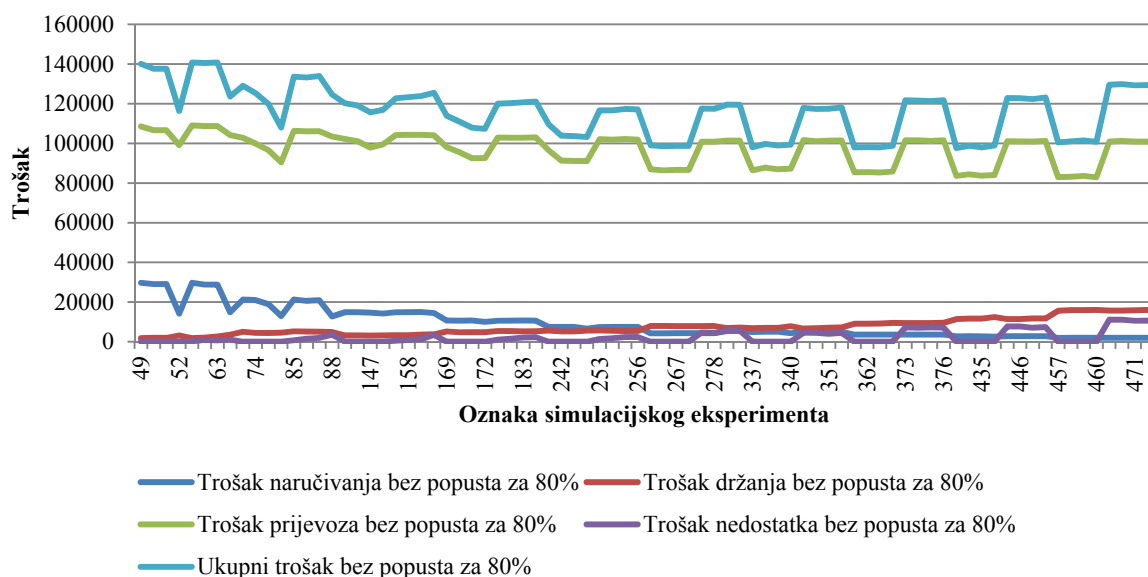
Ukupni troškovi, kao suma prethodno opisana četiri tipa troškova najviše su ovisni o troškovima prijevoza budući da oni u ukupnim troškovima sudjeluju prosječno s 83,7% temeljem svih 240 simulacijskih eksperimenata s postotkom zadovoljavanja potražnje tržišta mjenom brojem izravno isporučenih proizvoda. Najniži udio troškova prijevoza u ukupnim troškovima je 73,9% u simulacijskom eksperimentu 49, a najviši od 88,2% u simulacijskom eksperimentu oznake 338. Indikativno je da se navedene ekstremne vrijednosti troškova prijevoza pojavljuju u simulacijskim eksperimentima s postotkom zadovoljavanja potražnje tržišta od 80% u kojima se pojavljuju i najveći skokovi vrijednosti troškova prijevoza.

#### 4. 3. 7. 2. Troškovi sustava upravljanja zalihama bez popusta mjenom po broju dana s ispunjenom potražnjom

Ukupni troškovi sustava upravljanja zalihama i sve četiri njihove komponente za 80%, 90% i 100% potražnje tržišta mjenom po broju dana s u cijelosti ispunjenom potražnjom prikazane su na slikama 4.23 do 4.25.

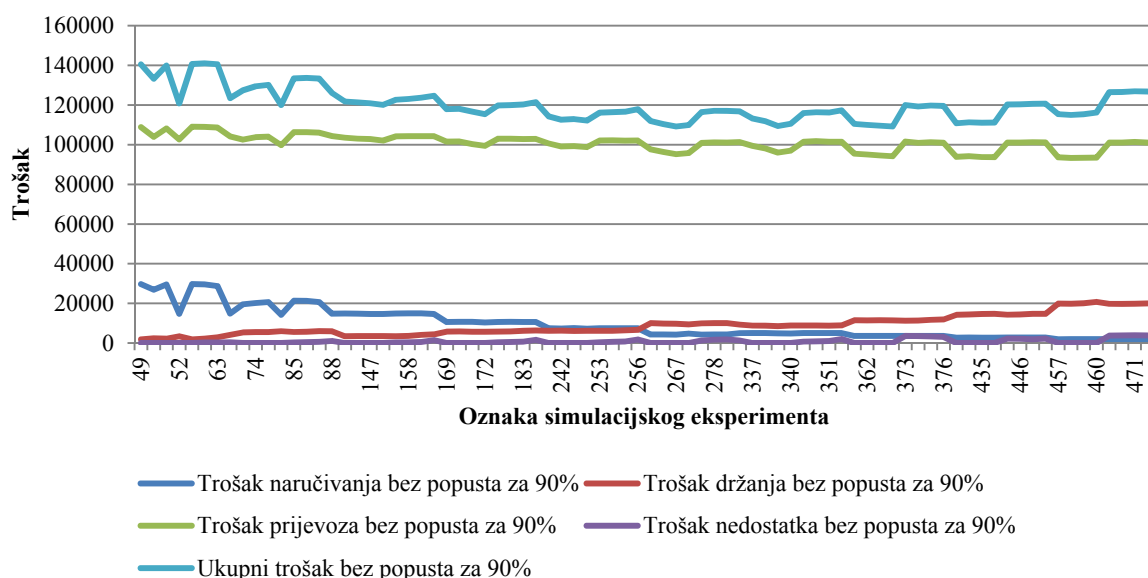
Najveći troškovi naručivanja pojavljuju se u simulacijskim eksperimentima s visokim taktom dobave budući da je u tim eksperimentima ujedno i najveći broj narudžbi. Smanjenjem takta dobave smanjuju se i troškovi naručivanja. Simulacijskim eksperimentima je utvrđeno da se 15 najvećih troškova naručivanja od 240 proučavanih pojavljuje u simulacijskim eksperimentima s taktom dobave do jednog radnog dana, sinkroniziranim radnim vremenom, minimalnom

veličinom narudžbe do dvostruke dnevne potražnje a nevezano za PZPT i poslovanje s evidencijom i naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda.



**Slika 4.23.** Troškovi SUZ bez popusta za PZPT od 80% mjenom po broju po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno

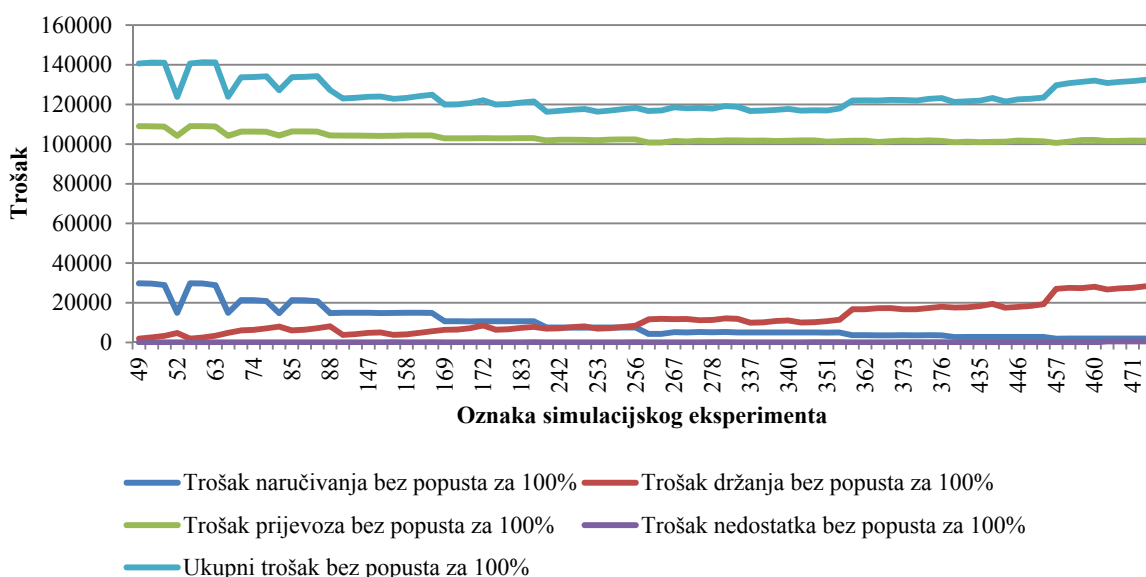
Troškovi držanja zaliha rastu sa smanjenjem takta dobave, a s povećanjem postotka zadovoljavanja potražnje tržišta vidljivi su skokovi u ovoj grupi troškova izazvani poslovanjem bez evidencije o prvotno neisporučenim proizvodima i njihove naknadne dobave budući da u tim slučajevima dobava proizvoda je rijetka, a da bi se postigao visoki postotak zadovoljavanja potražnje tržišta mora se proizvode držati na skladištu.



**Slika 4.24.** Troškovi SUZ bez popusta za PZPT od 90% mjenom po broju po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno

Iz simulacijskih eksperimenata je vidljivo da troškovi prijevoza za niske PZPT pokazuju neujednačeno ponašanje pri visokim taktovima dobave dok sa smanjenjem takta troškovi počinju ujednačeno oscilirati vezano za poslovanje s evidencijom i naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda a da lagano opadaju s povećanjem minimalne veličine narudžbe. Međutim, kao što je vidljivo sa slika 4.24 i 4.25, s porastom postotka zadovoljavanja potražnje tržišta razlika između poslovanja s i bez evidencije i naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda se značajno smanjuje, pa tako za 100% razlika gotovo da i ne postoji.

Troškovi nedostatka i naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda pojavljuju se samo u onim simulacijskim eksperimentima u kojim se vodi evidencija o prvotno neisporučenim proizvodima i isti se naknadno dobavljaju. U tom slučaju, najveće vrijednosti troškova nedostatka proizvoda se pojavljuju u simulacijskim eksperimentima s postotkom zadovoljavanja potražnje tržišta od 80% i značajno rastu kako se smanje takt dobave proizvoda.



**Slika 4.25.** Troškovi SUZ bez popusta za PZPT od 100% mjereno po broju po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno

Ukupni troškovi, kao suma prethodno opisana četiri tipa troškova najviše su ovisni o troškovima prijevoza budući da oni u ukupnim troškovima sudjeluju prosječno s 83,8% temeljem svih 240 simulacijskih eksperimenata s postotkom zadovoljavanja potražnje tržišta mjenjenih brojem dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom. Najniži udio troškova prijevoza u ukupnim troškovima je 76,7% u simulacijskom eksperimentu 480, a najviši od 88,2% u simulacijskom eksperimentu oznake 196. Najveći udio troškova prijevoza u ukupnim troškovima pojavljuje se u simulacijskim eksperimentima s PZPT od 80% u kojima se pojavljuju i najveći skokovi vrijednosti troškova prijevoza, a najmanji u simulacijskim eksperimentima s PZPT od 100%.

#### 4. 3. 8. Troškovi sustava upravljanja zalihama s popustima

Prema znanstvenoj i stručnoj literaturi, ukupni troškovi sustava upravljanja zalihama s popustima izračunavaju se kao zbroj troškova naručivanja s popustima, troškova prijevoza s

popustima, troškova držanja zaliha i troškova nedostatka proizvoda pri čemu se sastavni troškovi sustava upravljanja zalihama s popustima, u ovom radu, izračunavaju na način:

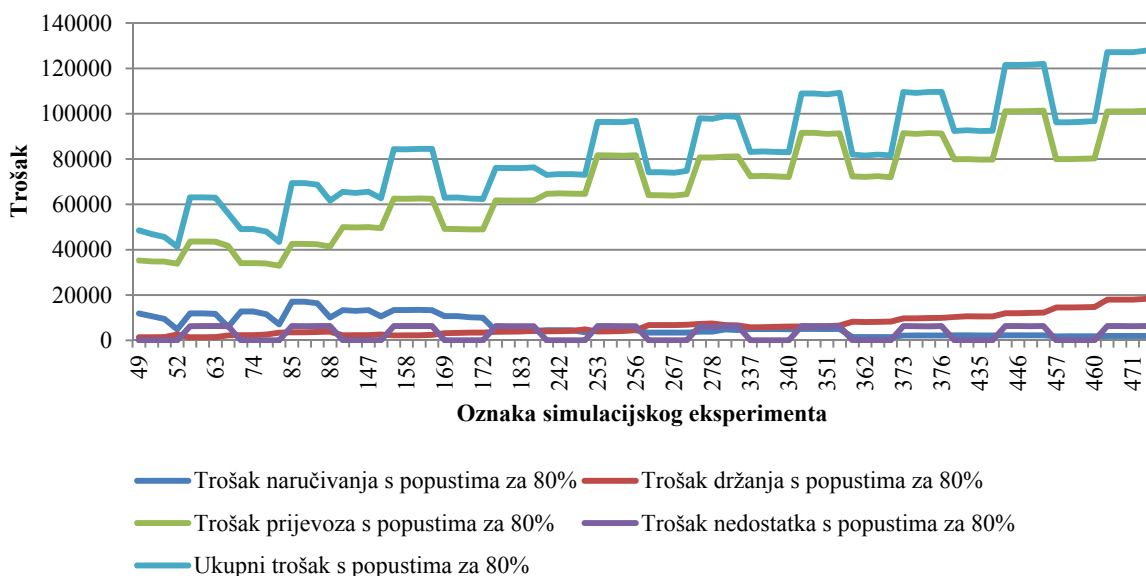
- trošak naručivanja = jedinični trošak naručivanja · br. dobava · (1-rabat za učestalost naručivanja vezan za takt dobave)
  - uz takt dobave manji od jednog radnog dana =  $30NJ \cdot broj\ dobava \cdot 0,4$
  - uz takt dobave od jednog radnog dana =  $30NJ \cdot broj\ dobava \cdot 0,6$
  - uz takt dobave od tri radna dana =  $30NJ \cdot broj\ dobava \cdot 0,8$
  - uz takt dobave od pet radnih dana =  $30NJ \cdot broj\ dobava \cdot 0,9$
  - uz takt dobave od 10 radnih dana =  $30NJ \cdot broj\ dobava \cdot 1$
- trošak prijevoza = jedinični trošak prijevoza vezan za takt dobave · br. dobava + jedinični trošak prijevoza po proizvodu vezan za takt dobave · br. dobavljenih proizvoda
  - uz takt dobave manji od jednog radnog dana =  $4NJ \cdot broj\ dobava + 0,4NJ \cdot br.\ dobavljenih\ proizvoda$
  - uz takt dobave od jednog radnog dana =  $6NJ \cdot broj\ dobava + 0,6NJ\ po\ dobavljenom\ proizvodu$
  - uz takt dobave od tri radna dana =  $8NJ \cdot broj\ dobava + 0,8NJ\ po\ dobavljenom\ proizvodu$
  - Uz takt dobave od pet radnih dana =  $9NJ \cdot broj\ dobava + 0,9NJ\ po\ dobavljenom\ proizvodu$
  - Uz takt dobave od 10 radnih dana =  $10NJ \cdot broj\ dobava + 1NJ\ po\ dobavljenom\ proizvodu$
- trošak držanja = jedinični trošak držanja proizvoda · prosječna dnevna razina zaliha · period =  $0,03NJ \cdot prosječna\ dnevna\ razina\ zaliha \cdot 1000$
- trošak nedostatka proizvoda = jedinični trošak nedostatka proizvoda · broj naknadno dobavljenih proizvoda =  $0,3NJ \cdot broj\ naknadno\ dobavljenih\ proizvoda$

#### 4. 3. 8. 1. Troškovi sustava upravljanja zalihama s popustima mjereni po broju isporučenih proizvoda

Ukupni troškovi s popustima sustava upravljanja zalihama i sve četiri njihove komponente za 80%, 90% i 100% potražnje tržišta mjereno po broju izravno isporučenih proizvoda prikazane su na slikama 4.26 do 4.28.

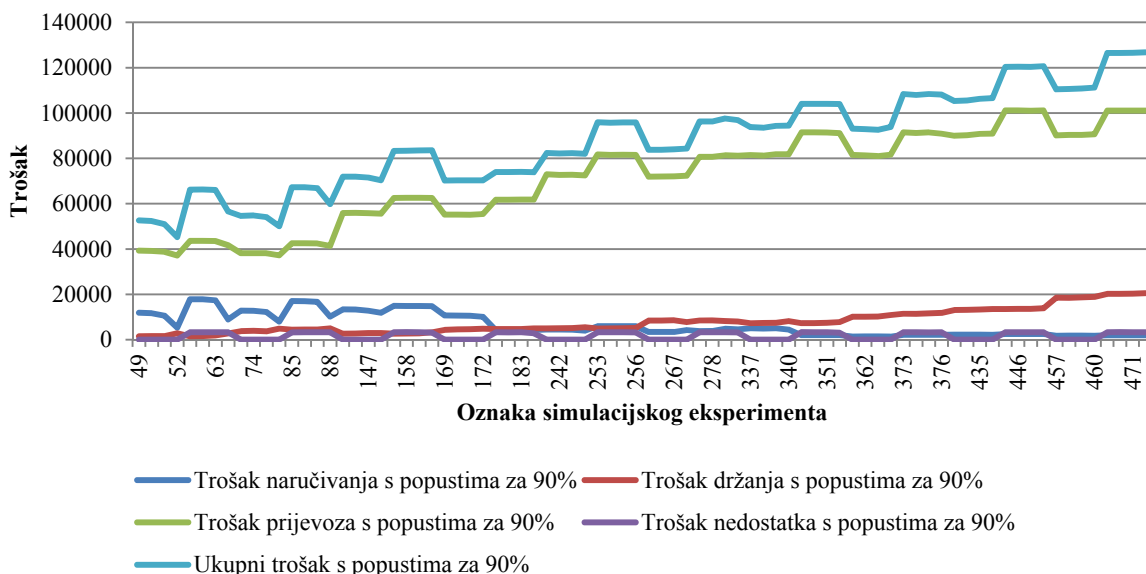
Najveći troškovi naručivanja pojavljuju se u simulacijskim eksperimentima s taktom dobave do jednog dana iako je u tim slučajevima i najveći popust. Smanjenjem takta dobave smanjuju se i troškovi naručivanja.

Simulacijskim eksperimentima je utvrđeno da se 15 najvećih troškova naručivanja od 240 proučavanih pojavljuje u simulacijskim eksperimentima s taktom dobave do jednog radnog dana i minimalnom veličinom narudžbe do dvostruke dnevne potražnje, a na visinu ovih troškova ne utječe postotak zadovoljavanja potražnje tržišta, poslovanje s naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda niti sinkroniziranost radnog vremena.



**Slika 4.26.** Troškovi SUZ s popustima za PZPT od 80% mjenom po broju izravno isporučenih proizvoda pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno

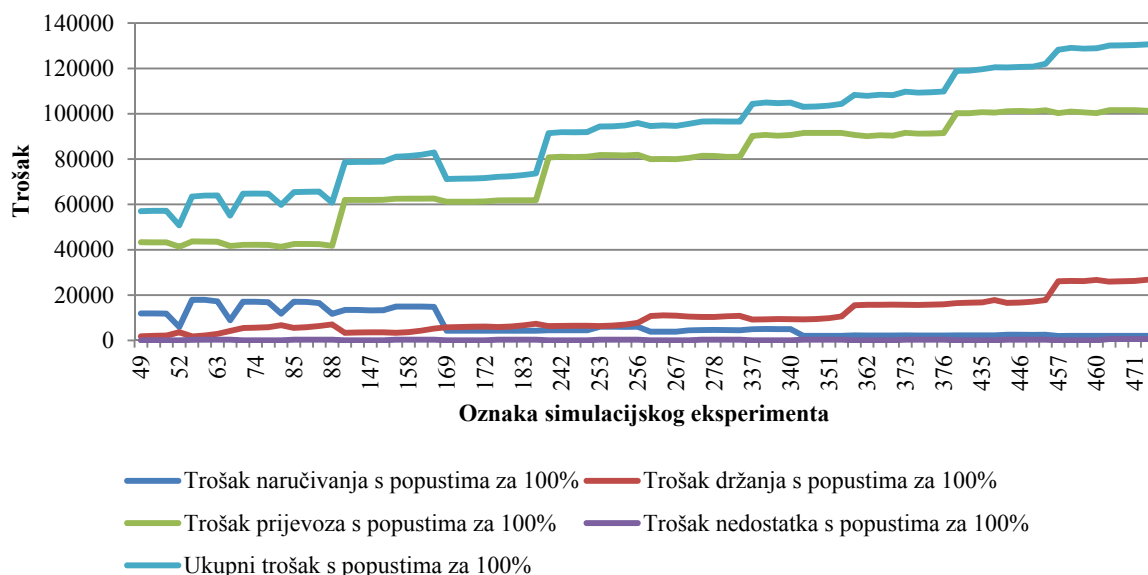
Troškovi držanja zaliha rastu sa smanjenjem takta dobave, a s povećanjem postotka zadovoljavanja potražnje tržišta vidljivi su skokovi u ovoj grupi troškova izazvani poslovanjem bez evidencije o prvotno neisporučenim proizvodima i njihove naknadne dobave budući da u tim slučajevima dobava proizvoda je rijetka, a da bi se postigao visoki postotak zadovoljavanja potražnje tržišta mora se proizvode držati na skladištu.



**Slika 4.27.** Troškovi SUZ s popustima za PZPT od 90% mjenom po broju izravno isporučenih proizvoda pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno

Iz simulacijskih eksperimenata je vidljivo da troškovi prijevoza pokazuju povećanje sa smanjenjem takta dobave uz značajne skokove u simulacijskim eksperimentima sustava upravljanja zalihama koji posluju s evidencijom i naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda a da lagano opadaju s povećanjem minimalne veličine narudžbe. Razlog takvog rasta

troškova prijevoza su smanjeni rabati koje poslovni sustav može ugovoriti za rjeđe dobave u usporedbi s visokim taktovima dobave i malim količinama prevezenih proizvoda po jednom prijevozu. Međutim, kao što je vidljivo sa slika 4.27 i 4.28, s porastom PZPT razlika između poslovanja s i bez evidencije i naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda se značajno smanjuje, pa tako za 100% razlika gotovo da i ne postoji već ostaje jasno vidljiv utjecaj takta dobave.



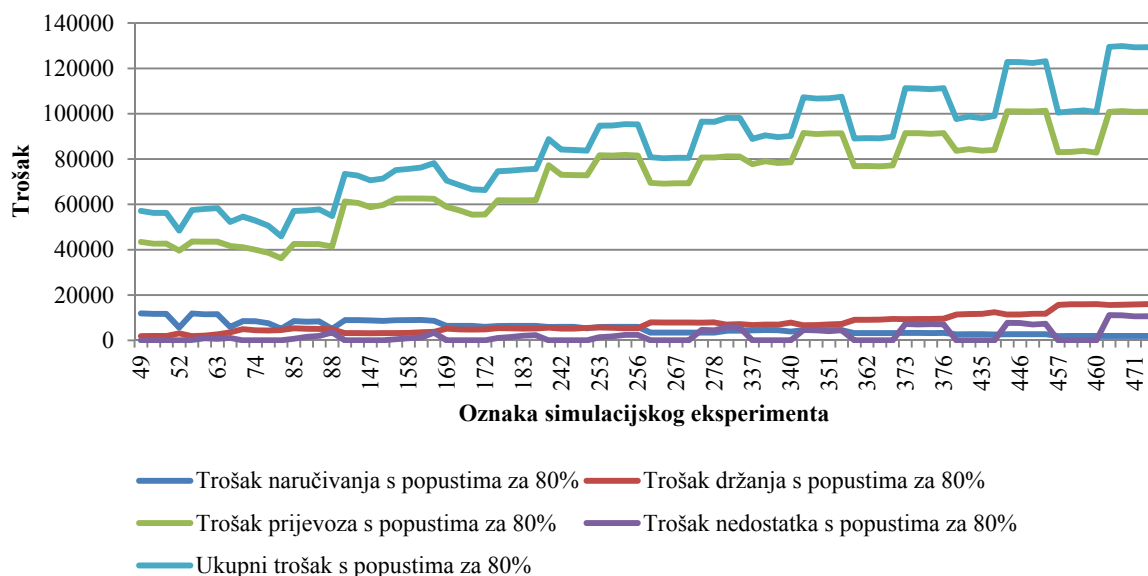
**Slika 4.28.** Troškovi SUZ s popustima za PZPT od 100% mjerenom po broju izravno isporučenih proizvoda pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno

Troškovi nedostatka i naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda pojavljuju se samo u onim simulacijskim eksperimentima u kojim se koristi poslovanje s vođenjem evidencije o prvotno neisporučenim proizvodima i isti se naknadno dobavljaju. U tom slučaju, najveće vrijednosti troškova nedostatka proizvoda se pojavljuju u simulacijskim eksperimentima s postotkom zadovoljavanja potražnje tržišta od 80%.

Ukupni troškovi, kao suma prethodno opisana četiri tipa troškova najviše su ovisni o troškovima prijevoza budući da oni u ukupnim troškovima sudjeluju prosječno s 80,6% temeljem svih 240 simulacijskih eksperimenata s PZPT mjenjen brojem izravno isporučenih proizvoda. Najniži udio troškova prijevoza u ukupnim troškovima je 61,3% u simulacijskom eksperimentu 85, a najviši od 88,8% u simulacijskom eksperimentu oznake 357. Najniže vrijednosti troškova prijevoza se pojavljuju uvijek u simulacijskim eksperimentima s taktom dobave manjim od jednog radnog dana, a najviše vrijednosti u eksperimentima s taktovima dobave tri i pet dana.

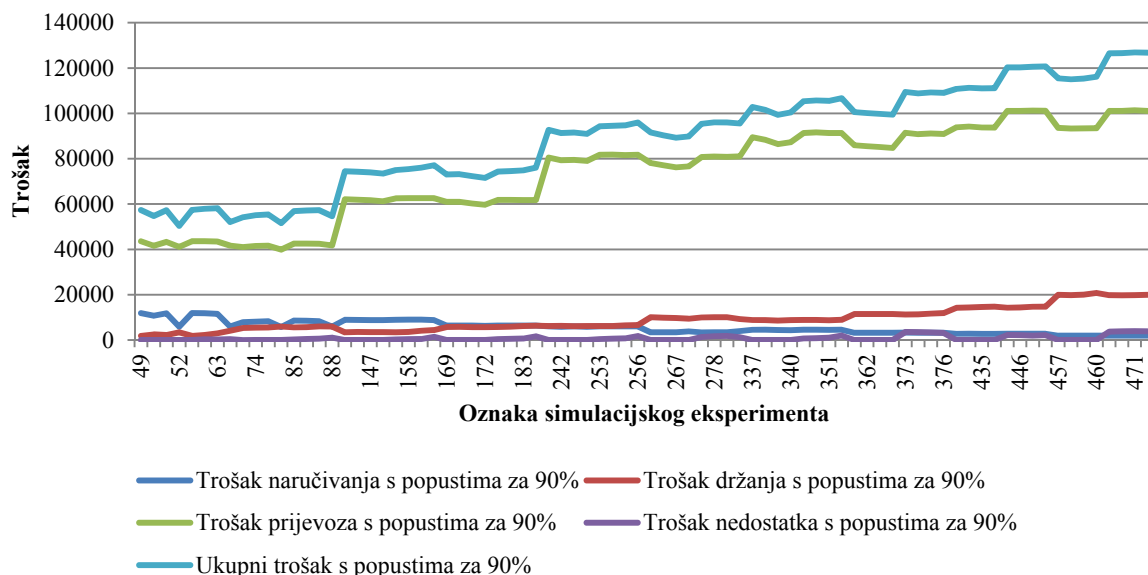
#### 4. 3. 8. 2. Troškovi sustava upravljanja zalihama s popustima mjereni po broju dana s ispunjenom potražnjom

Ukupni troškovi sustava upravljanja zalihama s popustima i sve četiri njihove komponente za 80%, 90% i 100% potražnje tržišta mjereno po broju dana s u cijelosti ispunjenom potražnjom prikazane su na slikama 4.29 do 4.31.



**Slika 4.29.** Troškovi SUZ s popustima za PZPT od 80% mjenom po broju po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno

Najveći troškovi naručivanja pojavljuju se u simulacijskim eksperimentima s taktom dobave do jednog radnog dana iako je u tim slučajevima i najveći popust. Smanjenjem takta dobave smanjuju se i troškovi naručivanja. Simulacijskim eksperimentima je utvrđeno da se 15 najvećih troškova naručivanja od 240 proučavanih pojavljuje u simulacijskim eksperimentima s taktom dobave do jednog radnog dana i minimalnom veličinom narudžbe do visine dnevne potražnje, a na visinu ovih troškova ne utječe PZPT, poslovanje s naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda te sinkroniziranost radnog vremena.



**Slika 4.30.** Troškovi SUZ s popustima za PZPT od 90% mjenom po broju po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno

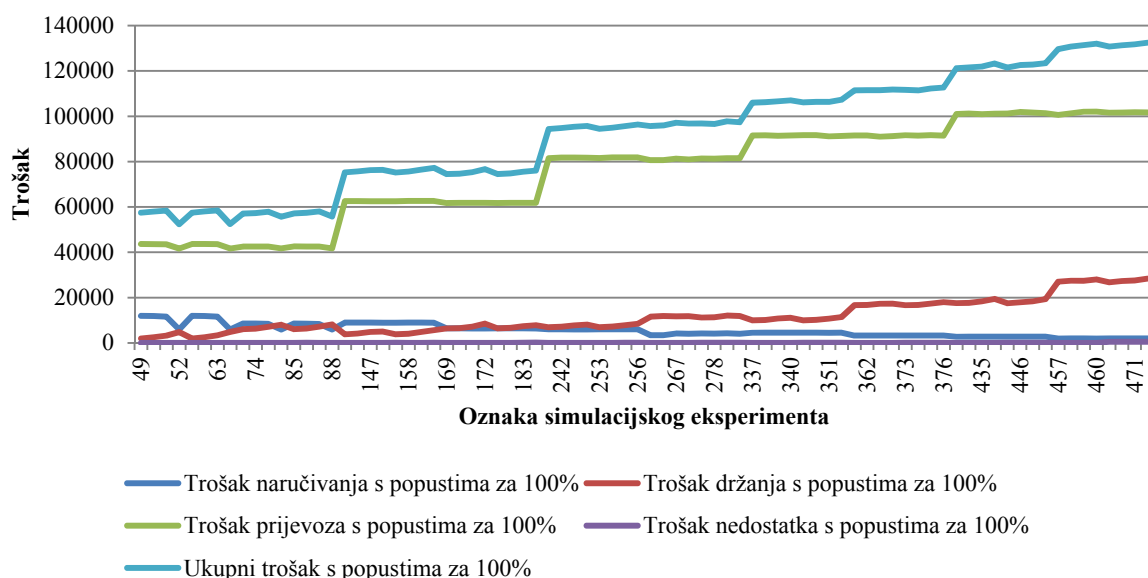
Troškovi držanja zaliha rastu sa smanjenjem takta dobave, a s povećanjem postotka zadovoljavanja potražnje tržišta vidljivi su skokovi u ovoj grupi troškova izazvani poslovanjem



bez evidencije o prvotno neisporučenim proizvodima i njihove naknadne dobave budući da u tim slučajevima dobava proizvoda je rijetka, a da bi se postigao visoki postotak zadovoljavanja potražnje tržišta mora se proizvode držati na skladištu.

Iz simulacijskih eksperimenata je vidljivo da troškovi prijevoza za niske PZPT pokazuju neujednačeno ponašanje pri visokim taktovima dobave dok sa smanjenjem takta troškovi počinju ujednačeno oscilirati vezano za poslovanje s evidencijom i naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda pritom lagano opadajući s povećanjem minimalne veličine narudžbe. Međutim, kao što je vidljivo sa slika 4.30 i 4.31, s porastom postotka zadovoljavanja potražnje tržišta razlika između poslovanja s i bez evidencije i naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda se značajno smanjuje, pa tako za 100% razlika gotovo da i ne postoji.

Troškovi nedostatka i naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda pojavljuju se samo u onim simulacijskim eksperimentima u kojim se koristi poslovanje s vođenjem evidencije o prvotno neisporučenim proizvodima i isti se naknadno dobavljaju. U tom slučaju, najveće vrijednosti troškova nedostatka proizvoda se pojavljuju u simulacijskim eksperimentima s PZPT od 80% i značajno rastu kako se smanje takt dobave proizvoda.



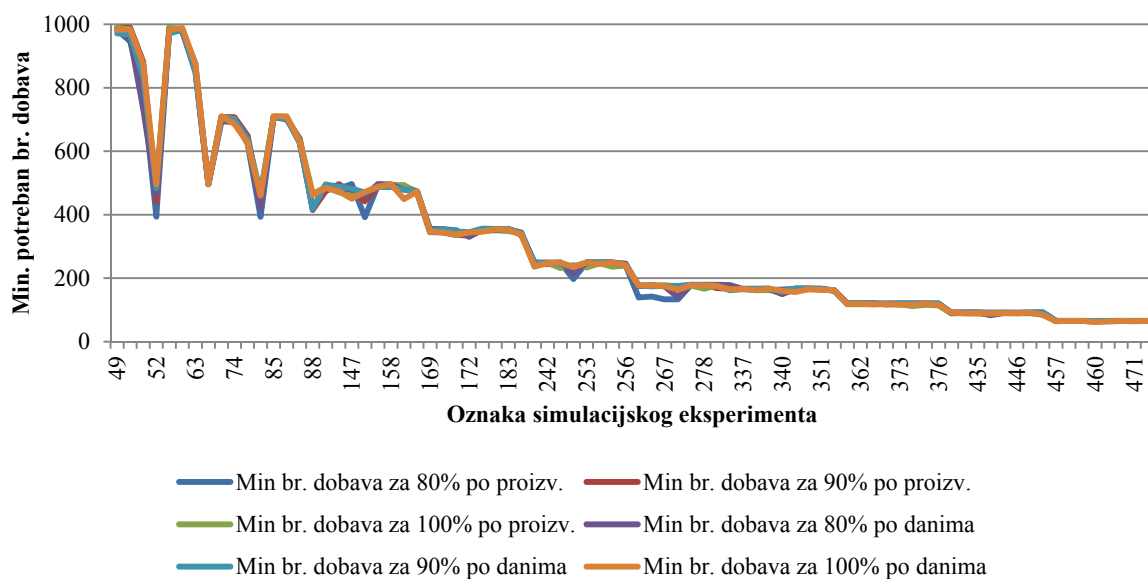
**Slika 4.31.** Troškovi SUZ s popustima za PZPT od 100% mjerenom po broju po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno

Ukupni troškovi, kao suma prethodno opisana četiri tipa troškova najviše su ovisni o troškovima prijevoza budući da oni u ukupnim troškovima sudjeluju prosječno s 82% temeljem svih 240 simulacijskih eksperimenata s PZPT mjenjen brojem dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom. Najniži udio troškova prijevoza u ukupnim troškovima je 73,3% u simulacijskom eksperimentu 47, a najviši od 87,5% u simulacijskom eksperimentu oznake 289. Najveći udio troškova prijevoza u ukupnim troškovima pojavljuje se u simulacijskim eksperimentima s PZPT od 80%, a najmanji ravnomjerno u simulacijskim eksperimentima s postotkom zadovoljavanja potražnje tržišta od 80%, 90% i 100%.

#### 4. 4. Kvantifikacija pokazatelja sustava upravljanja zalihama za kaotični model potražnje veličine $100 \pm 50$ proizvoda dnevno

##### 4. 4. 1. Minimalan potreban broj dobava

Na slici 4.32 prikazane su vrijednosti minimalnog potrebnog broja dobava za ispunjavanje odgovarajućeg postotka zadovoljavanja potražnje tržišta i to mjereno po broju izravno isporučenih proizvoda i po broju dana s u cijelosti ispunjenom potražnjom.



**Slika 4.32.** Minimalan broj dobava potrebnih za ispunjenje odgovarajućeg PZPT pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno

Vidljivo je da se smanjenjem takta dobave smanjuje potreban broj dobava. Neovisno o načinu mjerenja postotka zadovoljavanja potražnje tržišta i o njegovom iznosu, za svih šest nizova vrijednosti minimalnog broja dobava utvrđene su vrlo ujednačene vrijednosti.

Značajna smanjenja minimalnog broja dobava pojavljuju se u simulacijskim eksperimentima s visokim taktom dobave uz minimalnu veličinu narudžbe u visini dvostruke prosječne dnevne potražnje pri kojima uz isti takt dobave minimalan potreban broj dobava pada s prosječno 980 za slučaj bez minimalne veličine narudžbe na približno 410 dobava uz minimalnu veličinu narudžbe u visini dvostruke prosječne dnevne potražnje. Sa smanjenjem takta dobave, utjecaj minimalne veličine narudžbe na ukupan broj dobava u promatranom periodu od 1000 radnih dana se smanjuje te u konačnici postaje beznačajan.

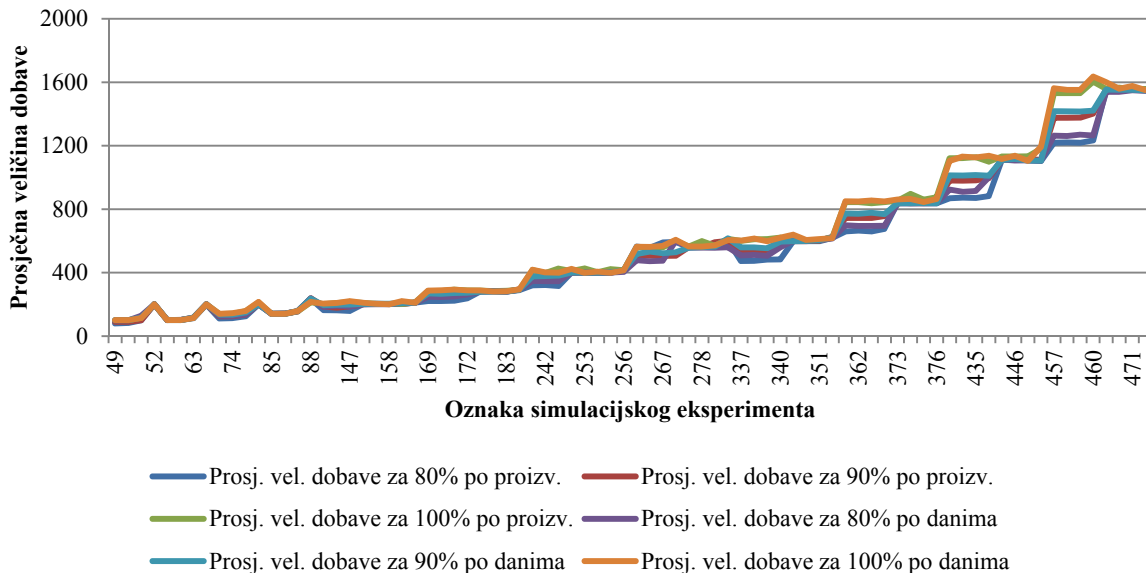
Minimalan potreban broj dobava za ispunjenje potražnje, mjereno putem postotka zadovoljavanja potražnje tržišta po broju izravno isporučenih proizvoda je 63 u simulacijskom eksperimentu oznake 468 s taktom dobave 10 radnih dana, nesinkroniziranim radnim vremenom, bez poslovanja s evidencijom i naknadnom dobavom proizvoda i uz minimalnu veličinu narudžbe u visini dvostruke dnevne potražnje. Najveći broj dobava mjereno na isti način je 990, a pojavljuje se dva puta u simulacijskim eksperimentima oznaka 57 i 69 s taktom dobave

manjim od jednog dana, sinkroniziranim radnim vremenom, bez minimalne veličinu narudžbe i uz 100% zadovoljavanja potražnje tržišta a nevezano za poslovanje s evidencijom i naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda.

Minimalan potreban broj dobava za ispunjenje potražnje, mjereno putem postotka zadovoljavanja potražnje tržišta po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom je 62 u simulacijskom eksperimentu oznake 420 s taktom dobave 10 radnih dana, nesinkroniziranim radnim vremenom, bez poslovanja s evidencijom i naknadnom dobavom proizvoda i uz minimalnu veličinu narudžbe u visini dvostruke dnevne potražnje. Najveći broj dobava mjereno na isti način je 989 u simulacijskom eksperimentu oznake 22 s taktom dobave manjim od jednog radnog dana, sinkroniziranim radnim vremenom, i poslovanjem s evidencijom i naknadnom dobavom proizvoda te uz minimalnu veličinu narudžbe u visini polovine dnevne potražnje za proizvodima.

#### 4. 4. 2. Prosječna veličina dobave

Na slici 4.33 prikazana je prosječna veličina dobave potrebna za ispunjavanje odgovarajućeg postotka zadovoljavanja potražnje tržišta i to mjereno po broju izravno isporučenih proizvoda i po broju dana s u cijelosti ispunjenom potražnjom. Vidljivo je da se smanjenjem takta dobave povećava prosječna veličina dobave, međutim, pritom se i razlike između veličina dobava za različite postotke zadovoljavanja potražnje tržišta povećavaju.



**Slika 4.33.** Prosječna veličina dobave potrebna za ispunjenje odgovarajućeg PZPT pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno

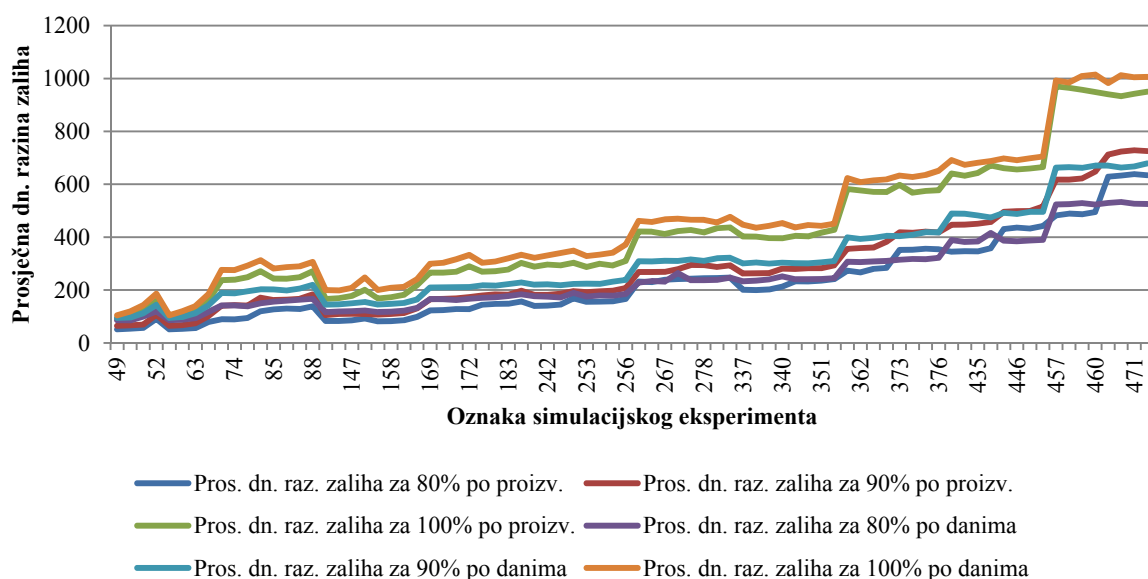
Odstupanja među prosječnim veličinama dobava, a vezanima za različite vrijednosti postotka zadovoljavanja potražnje tržišta, povećavaju se sa smanjenjem takta dobave proizvoda. Prosječne veličine dobava za različite postotke zadovoljavanja potražnje tržišta uz jednaki takt dobava su gotovo jednake ukoliko poslovni sustav posluje s evidencijom neisporučenih proizvoda i sa sinkroniziranim radnim vremenom sa svojim dobavljačem što je vidljivo iz

rezultata simulacija 445 do 448, 469 do 472 itd. S druge strane, značajna odstupanja u prosječnoj veličini dobave uz jednaki takt dobave pojavljuju se kada poslovni sustav ne posluje s evidencijom neisporučenih proizvoda ali posluje sa sinkroniziranim radnim vremenom sa svojim dobavljačem što je vidljivo iz rezultata simulacija 433 do 436, 457 do 460 itd.

Simulacijskim eksperimentima je utvrđeno da su najveće prosječne veličine dobave u slučajevima s najduljim vremenom dobave kod nesinkroniziranog radnog vremena i kad promatrani poslovni sustav posluje s evidencijom i naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda, a pritom postotak zadovoljavanja potražnje tržišta i parcelacija ne utječu značajno na prosječnu veličinu dobave.

#### 4. 4. 3. Prosječna dnevna razina zaliha

Na slici 4.34 prikazane su vrijednosti prosječnih dnevnih razina zaliha mjenjenih po broju izravno isporučenih proizvoda i po broju dana s u cijelosti ispunjenom potražnjom. Smanjenjem takta dobave i postotka zadovoljavanja potražnje tržišta povećavaju se prosječne dnevne razine zaliha. Za postotke zadovoljavanja potražnje tržišta od 80% i 90% mjerene na oba načina, vrijednosti prosječnih dnevnih razina zaliha se isprepliću te se ne može reći koji način utvrđivanja ciljanog postotka zadovoljavanja potražnje tržišta rezultira većim prosječnim razinama zaliha.



**Slika 4.34.** Prosječna dnevna razina zaliha potrebna za ispunjenje odgovarajućeg PZPT pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno

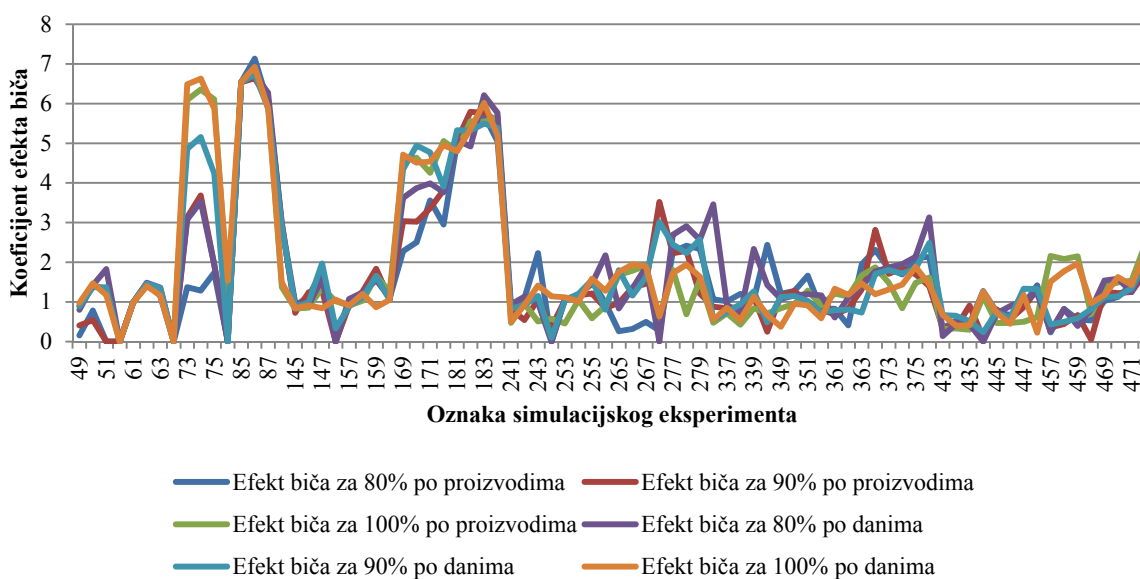
S druge strane, postotak zadovoljavanja potražnje tržišta od 100% mjereno po broju dana s u cijelosti ispunjenom potražnjom rezultira uvijek većom prosječnom razinom zaliha u odnosu na postotak zadovoljavanja potražnje tržišta mjereno po broju izravno isporučenih proizvoda.

S porastom PZPT, nesinkronizirano radno vrijeme značajno utječe na povećanje dnevne razine zaliha i to najviše u simulacijskim eksperimentima s taktom dobave do jednog dana gdje se u

odnosu na ekvivalentan simulacijski eksperiment sa sinkroniziranim radnim vremenom prosječna dnevna razina zaliha povećava i više od 160%. Ovako velika relativna povećanja prosječnih dnevnih razina zaliha vidljive su samo ukoliko je takt dobave do jednog radnog dana. Najveći porast uzrokovan nesinkroniziranim radnim vremenom pojavljuje se u simulacijskom eksperimentu 93 gdje iznosi 163% u odnosu na eksperiment oznake 81. Sa smanjenjem takta dobave značajno se smanjuje i relativno povećanje prosječne dnevne razine zaliha pa tako za takt dobave od 5 i 10 dana povećanje iznosi prosječno 45%.

#### 4. 4. 4. Koeficijent efekta biča

Sa slike 4.35 je vidljivo da se najveće i najmanje vrijednosti koeficijenta efekta biča pojavljuju u simulacijskim eksperimentima s taktovima dobave do i uključujući jedan dan, a postotak zadovoljavanja potražnje tržišta ne utječe na njega. Najmanje vrijednosti efekta biča utvrđene su isključivo u simulacijskim eksperimentima s minimalnim veličinama narudžbe u visini dvostruke dnevne potražnje za proizvodima. Sve vrijednosti koeficijenta efekta biča preko 4 odgovaraju ovim dvjema taktovima dobava nevezano o iznosu postotka zadovoljavanja potražnje tržišta.

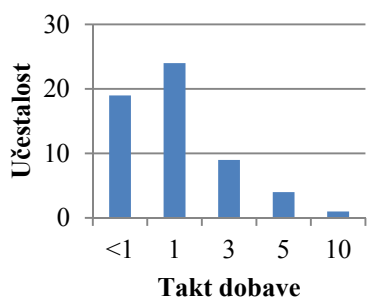


**Slika 4.35.** Koeficijent efekta biča u odnosu na ispunjeni PZPT pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno

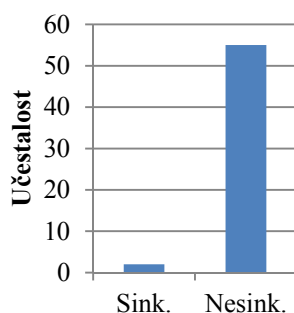
Od 240 simulacijskih eksperimenata PZPT mjenim po izravno isporučenim proizvodima, u 28 je koeficijent efekta biča veći od 4, a u ukupno 56 je veći od 2. Od promatranih 56 simulacijskih eksperimenata, u njih 16 tj. 28,6% je takt dobave do jedan radni dan, u 24 tj. 42,9% je takt dobave 1 radni dana, u 7 tj. 12,5% je takt dobave tri radna dana, u 5 tj. 8,9% je takt dobave pet radna dana, a u 4 tj. 7,1% je takt dobave deset radnih dana. Dakle, simulacijskim eksperimentima sustava upravljanja zalihama je utvrđeno da visoki taktovi dobave do jednog radnog dana sudjeluju u pojavljivanju visokog efekta biča u više od 71% slučajeva što je vidljivo sa slike 4.36.

Utjecaj sinkroniziranosti radnog vremena s dobavljačem pokazuje izraziti utjecaj na pojavu visokih vrijednosti efekta biča. Od promatranih 56 simulacijskih eksperimenata samo dva tj. 4,9% su vršena za sinkronizirano radno vrijeme, dok u preostalim 54 tj. 96,4% simulacijski eksperimenata su vršeni na nesinkroniziranom radnom vremenu, vidljivo sa slike 4.37.

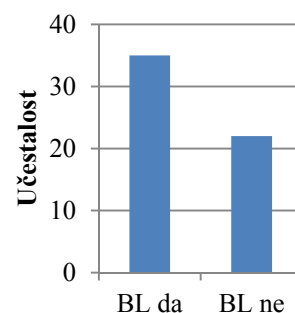
Evidencija i naknadna dobava prvotno neisporučenih proizvoda pokazuje blagi utjecaj na povećanje vrijednosti efekta biča iznad vrijednosti 2 budući da 31 simulacijski eksperiment tj. 55,4% su vršena za ovakav način poslovanja, dok u preostalim 25 tj. 44,6% slučajeva, nije se poslovalo na ovaj način, vidljivo sa slike 4.38.



**Slika 4.36.** Učestalost  $E_B > 2$  u zavisnosti od takta dobave

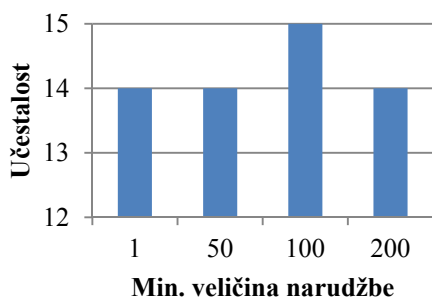


**Slika 4.37.** Učestalost  $E_B > 2$  u zavisnosti od sinkr. rad. vr.

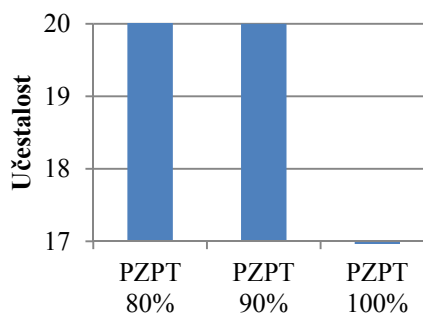


**Slika 4.38.** Učestalost  $E_B > 2$  u zavisnosti od BL-a

Sa slike 4.39 i 4.40 vidljiva je ujednačenost pojave minimalnih veličina narudžbi i visina postotka zadovoljavanja potražnje tržišta pri pojavi visokih vrijednosti efekta biča pa se može zaključiti da oni ne utječu u značajnoj mjeri na njegovu pojavu.



**Slika 4.39.** Učestalost  $E_B > 2$  u zavisnosti od minimalne veličine narudžbe

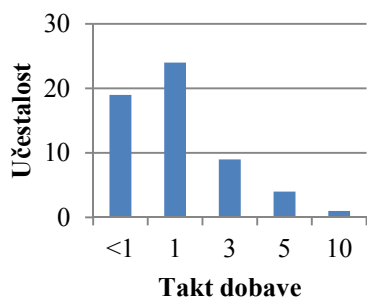


**Slika 4.40.** Učestalost  $E_B > 2$  u zavisnosti od postotka zadovoljavanja potražnje tržišta

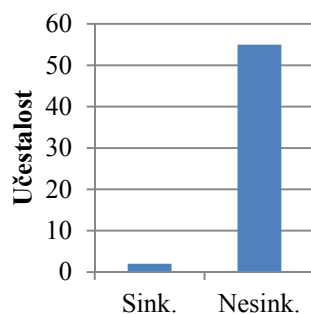
Od 240 simulacijskih eksperimenata s PZPT mjerenom po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom, u 34 je koeficijent efekta biča veći od 4, a u ukupno 57 je veći od 2. Kao što je vidljivo sa slike 4.41, od promatranih 57 simulacijskih eksperimenata, u njih 19 tj. 33,3% je takt dobave do jedan radni dan, u 24 tj. 42,1% je takt dobave jedan radni dan, u devet tj. 15,8% je takt dobave tri radna dana, u četiri tj. 7,0% je takt dobave pet radnih dana, u jednom tj. 1,8% je takt dobave deset radnih dan.

Utjecaj sinkroniziranosti radnog vremena s dobavljačem pokazuje izraziti utjecaj na pojavu visokih vrijednosti efekta biča. Od promatranih 57 simulacijskih eksperimenata samo dva su sa

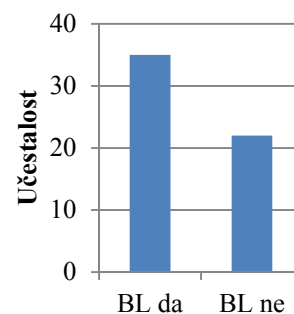
sinkroniziranim vremenom, dok preostalih 55 tj. 96,5% su vršena na nesinkroniziranom radnom vremenu, vidljivo sa slike 4.42. Sa slike 4.43 je vidljivo da evidencija i naknadna dobava prvotno neisporučenih proizvoda pokazuje utjecaj na povećanje vrijednosti efekta biča iznad 2 budući da 35 simulacijskih eksperimenata tj. 61,4% su vršena za ovakav način poslovanja, dok u preostalih 22 tj. 38,6% slučajeva, nije se poslovalo na ovaj način.



**Slika 4.41.** Učestalost  $E_B > 2$  u zavisnosti od takta dobave



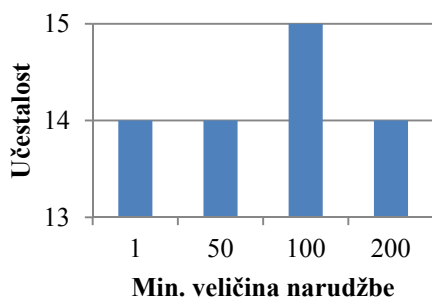
**Slika 4.42.** Učestalost  $E_B > 2$  u zavisnosti od sinkr. rad. vr.



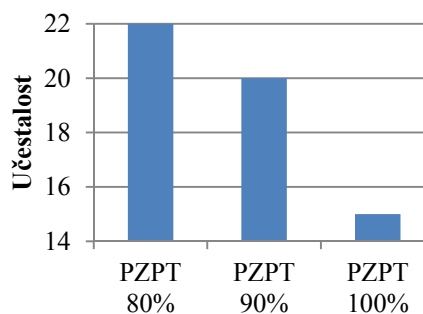
**Slika 4.43.** Učestalost  $E_B > 2$  u zavisnosti od BL-a

Sa slike 4.44 je vidljiva ujednačenost minimalnih veličina narudžbi u simulacijskim eksperimentima s  $E_B > 2$  temeljem čega iz čega se može zaključiti da promjena MVN ne utječe na efekt biča za ovaj način mjerenja PZPT i tip potražnje za proizvodima.

Porastom PZPT mjenog putem broja dana s u cijelosti ispunjenom potražnjom za proizvodima vidljivo je sa slike 4.45 da dolazi do smanjenja učestalosti pojavljivanja simulacijskih eksperimenata s  $E_B > 2$  sa 22 za 80%, 20 za 90% te u konačnici na 15 za 100%.



**Slika 4.44.** Učestalost  $E_B > 2$  u zavisnosti od minimalne veličine narudžbe

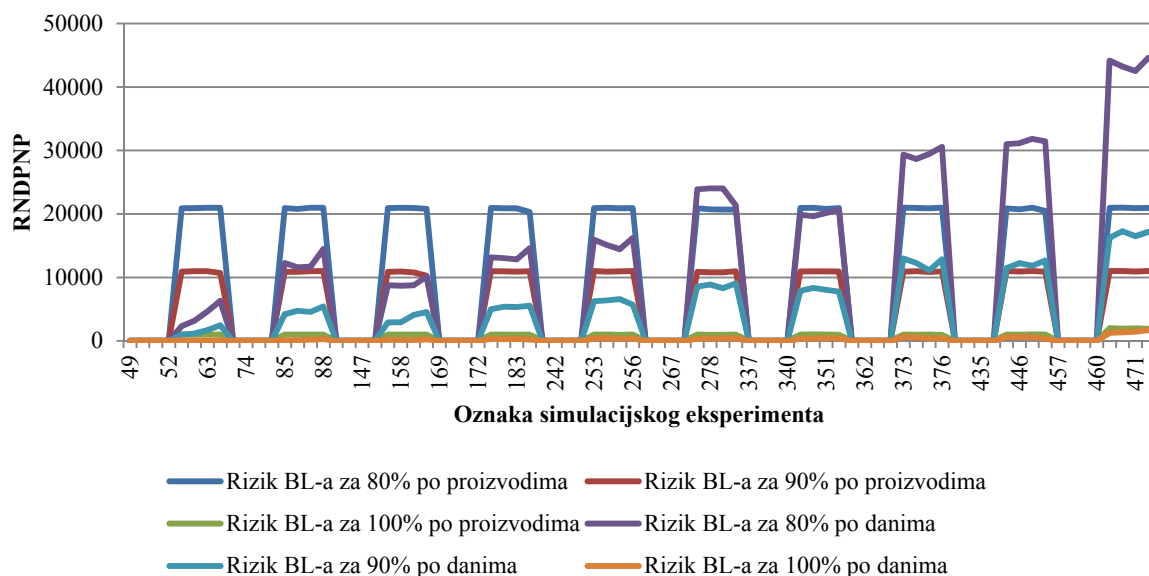


**Slika 4.45.** Učestalost  $E_B > 2$  u zavisnosti od postotka zadovoljavanja potražnje tržišta

#### 4. 4. 5. Rizik naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda

Sa slike 4.46 je vidljivo da rizik naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda za simulacijske eksperimente grupirane po postotku zadovoljavanja potražnje tržišta mjernog po broju proizvoda ne ovisi o taktu dobave već jedino o samom postotku zadovoljavanja potražnje tržišta. S druge strane, rizik naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda za simulacijske eksperimente grupirane po postotku zadovoljavanja potražnje tržišta mjenog po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom za proizvodima pokazuje znatno manje vrijednosti u

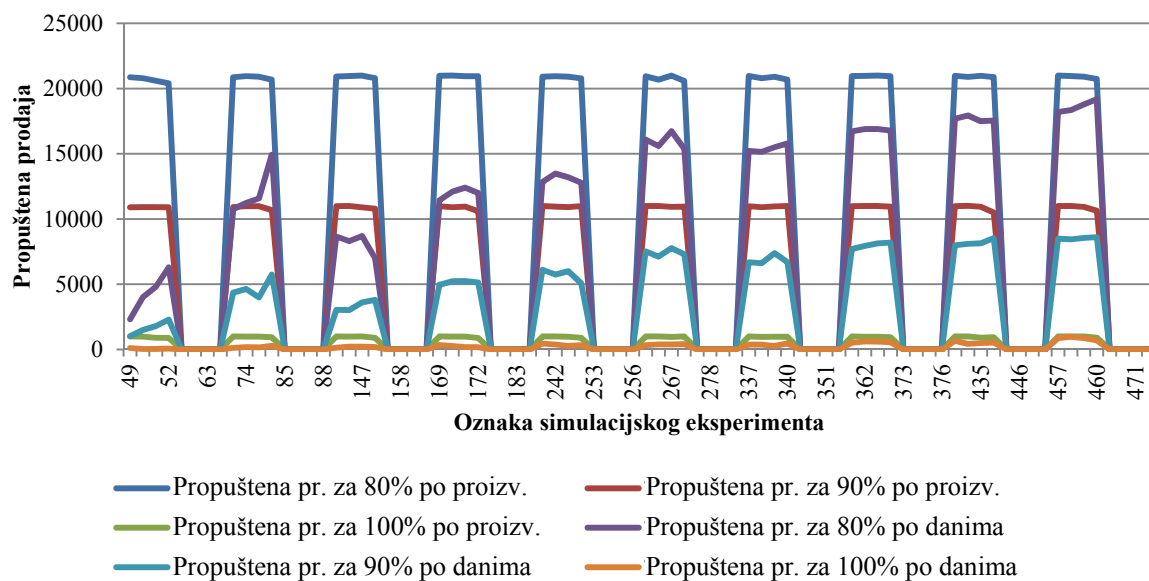
usporedbi s mjerenjem PZPT po proizvodima za visoke taktove dobave, dok se značajan rast pojavljuje s porastom roka dobave proizvoda na 5 i više dana uz nesinkronizirano radno vrijeme.



**Slika 4.46.** Rizik naknadne dobave prvotno neisporučениh proizvoda u odnosu na PZPT pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno

#### 4. 4. 6. Propuštena prodaja

Sa slike 4.47 je vidljivo da je propuštena prodaja za simulacijske eksperimente utemeljene na PZPT mjenom po broju izravno isporučenih proizvoda vrlo ujednačena i predvidiva bez obzira koji za koji je postotak simulacijski eksperiment izrađen.



**Slika 4.47.** Propuštena prodaja u odnosu na PZPT pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno



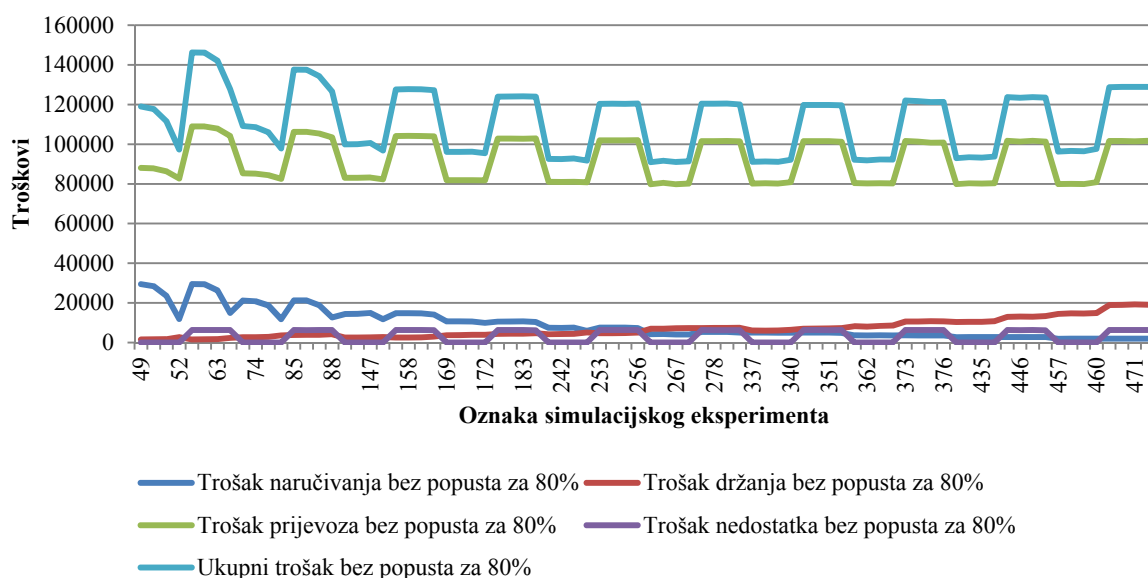
Mala odstupanja od ujednačenih vrijednosti za isti postotak zadovoljavanja potražnje tržišta pojavljuju se zbog tolerancije postotka zadovoljavanja potražnje tržišta definirane prilikom izrade simulacijskog eksperimenta.

Visina propuštene prodaje za simulacijske eksperimente utemeljene na postotku zadovoljavanja potražnje tržišta mjereno po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom je neujednačenih vrijednosti, ali uvijek manjih od simulacijskih eksperimenata jednakih postavki mjenjenih po broju proizvoda s time da se sa smanjenjem takta dobave razlika značajno smanjuje razlika između propuštene prodaje mjerene po broju proizvoda i po broju dana.

#### 4. 4. 7. Troškovi sustava upravljanja zalihama bez popusta

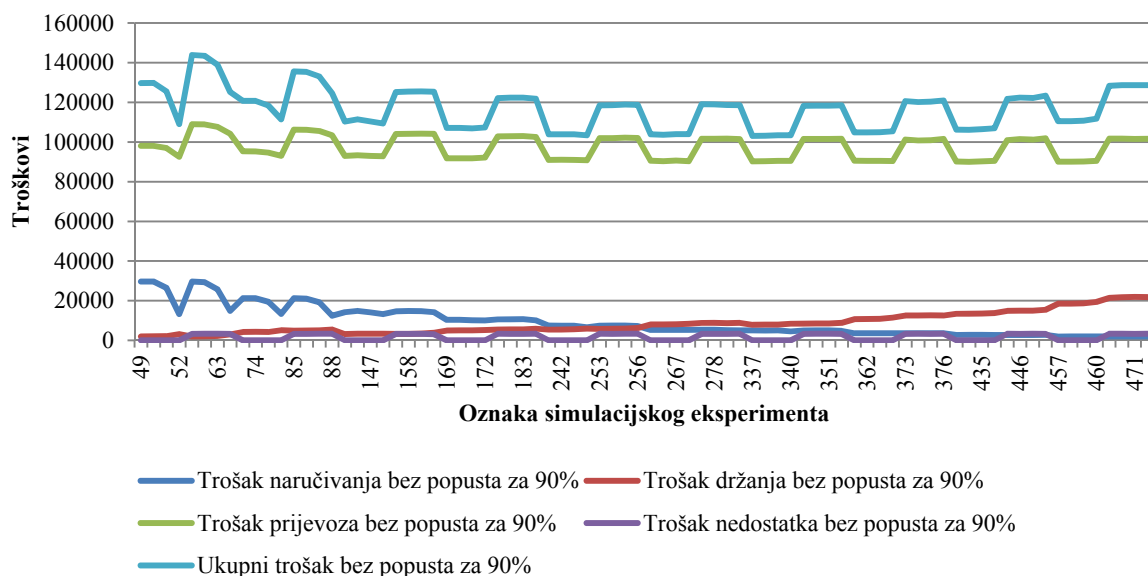
##### 4. 4. 7. 1. Troškovi sustava upravljanja zalihama bez popusta mjereni po broju isporučenih proizvoda

Troškovi sustava upravljanja zalihama i njihove komponente za 80%, 90% i 100% potražnje tržišta mjereno po broju izravno isporučenih proizvoda prikazani su slikama 4.48 do 4.50.



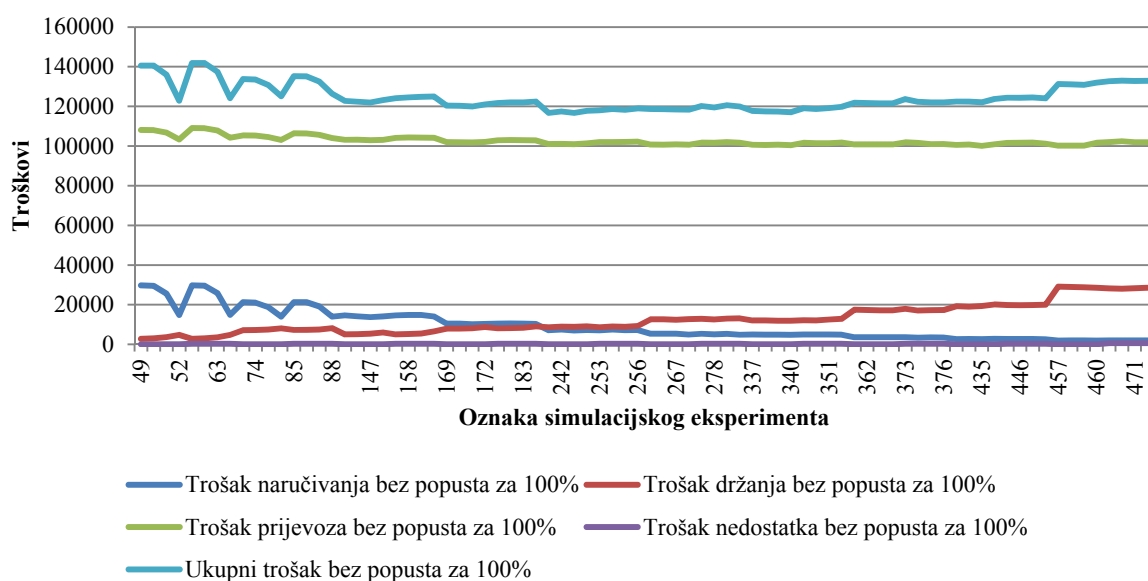
**Slika 4.48.** Troškovi SUZ bez popusta za PZPT od 80% mjereno po broju izravno isporučenih proizvoda pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno

Najveći troškovi naručivanja pojavljuju se u simulacijskim eksperimentima s taktom dobave do jednog dana budući da je u tim eksperimentima ujedno i najveći broj narudžbi. Smanjenjem takta dobave smanjuju se i troškovi naručivanja. Simulacijskim eksperimentima je utvrđeno da se 15 najvećih troškova naručivanja od 240 proučavanih pojavljuje u simulacijskim eksperimentima s taktom dobave do jednog radnog dana, sinkroniziranim radnim vremenom, minimalnom veličinom narudžbe do dvostruke dnevne potražnje, nevezano za PZPT i poslovanje s evidencijom i naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda. Najmanji troškovi naručivanja su utvrđeni simulacijskim eksperimentima s najnižim taktovima dobave i nesinkroniziranim radnim vremenom a nevezano za PZPT i minimalnu veličinu narudžbe.



**Slika 4.49.** Troškovi SUZ bez popusta za PZPT od 90% mjereno po broju izravno isporučenih proizvoda pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno

Troškovi držanja zaliha rastu sa smanjenjem takta dobave i povećanjem PZPT, s porastom kojega su vidljivi i skokovi u ovoj grupi troškova izazvani poslovanjem bez evidencije o prvotno neisporučenim proizvodima i njihove naknadne dobave.



**Slika 4.50.** Troškovi SUZ bez popusta za PZPT od 100% mjereno po broju izravno isporučenih proizvoda pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno

Iz simulacijskih eksperimenata je vidljivo da su troškovi prijevoza najveći za taktove dobava do jednog dana i sinkronizirano radno vrijeme, s time da za PZPT od 80% i 90% najveći troškovi su u slučajevima poslovanjem s evidencijom i naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda, a u slučaju 100% takvo poslovanje ne utječe na visinu troškova. Međutim, kao što je vidljivo sa slika 4.49 i 4.50, s porastom postotka zadovoljavanja potražnje

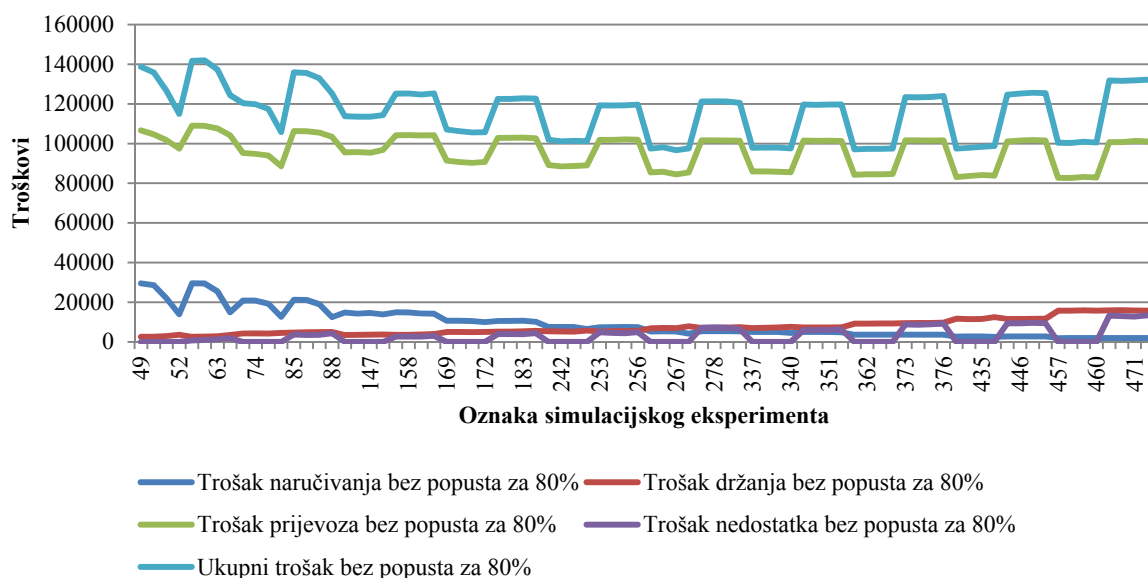
tržišta razlika između poslovanja s i bez evidencije i naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda se značajno smanjuje, pa tako za 100% razlika gotovo da i ne postoji.

Troškovi nedostatka i naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda pojavljuju se samo u onim simulacijskim eksperimentima u kojim se koristi poslovanje s vođenjem evidencije o prvotno neisporučenim proizvodima i isti se naknadno dobavljaju. U tom slučaju, najveće vrijednosti troškova nedostatka proizvoda se pojavljuju u simulacijskim eksperimentima s postotkom zadovoljavanja potražnje tržišta od 80%.

Ukupni troškovi, kao suma prethodno opisana četiri tipa troškova najviše su ovisni o troškovima prijevoza budući da oni u ukupnim troškovima sudjeluju prosječno s 83,1% temeljem svih 240 simulacijskih eksperimenata s PZPT mjerenih brojem izravno isporučenih proizvoda. Najniži udio troškova prijevoza u ukupnim troškovima je 74,% u simulacijskom eksperimentu 49, a najviši od 88,0% u simulacijskom eksperimentu oznake 244. Indikativno je da se navedene ekstremne vrijednosti troškova prijevoza pojavljuju u simulacijskim eksperimentima s PZPT od 80% u kojima se pojavljuju i najveći skokovi vrijednosti troškova prijevoza.

#### 4. 4. 7. 2. Troškovi sustava upravljanja zalihama bez popusta mjereni po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom

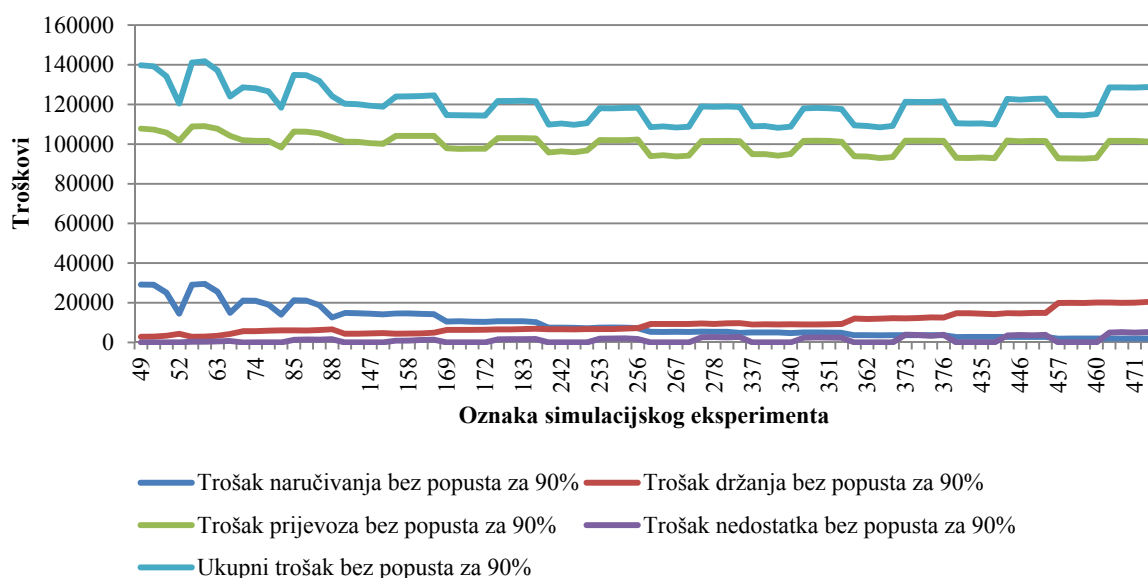
Ukupni troškovi sustava upravljanja zalihama i sve četiri njihove komponente za 80%, 90% i 100% potražnje tržišta mjereno po broju dana s u cijelosti ispunjenom potražnjom prikazane su na slikama 4.51 do 4.53.



**Slika 4.51.** Troškovi SUZ bez popusta za PZPT od 80% mjerenom po broju po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno

Najveći troškovi naručivanja pojavljuju se u simulacijskim eksperimentima s visokim taktom dobave budući da je u tim eksperimentima ujedno i najveći broj narudžbi. Smanjenjem takta dobave smanjuju se i troškovi naručivanja. Simulacijskim eksperimentima je utvrđeno da se najveći trošak naručivanja pojavljuje u simulacijskom eksperimentu 22, a 15 najvećih troškova

naručivanja od 240 proučavanih pojavljuje se u simulacijskim eksperimentima s taktom dobave do jednog radnog dana, sinkroniziranim radnim vremenom, minimalnom veličinom narudžbe do dvostruke dnevne potražnje, a nevezano za postotak zadovoljavanja potražnje tržišta i poslovanje s evidencijom i naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda. Eksperimentima je utvrđeno da se najmanji trošak naručivanja pojavljuje u simulacijskom eksperimentu 420 s taktom dobave 10 radnih dana, nesinkroniziranim radnim vremenom, s minimalnom veličinom narudžbe u visini dvostruke dnevne potražnje za proizvodima i za postotak zadovoljavanja potražnje tržišta od 100%, a 15 najvećih troškova naručivanja se pojavljuje u simulacijskim eksperimentima s taktom dobave od deset radnih dana, nesinkroniziranim radnim vremenom te nevezano za minimalnu veličinu narudžbe, postotak zadovoljavanja potražnje tržišta ili poslovanje s evidencijom i naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda.

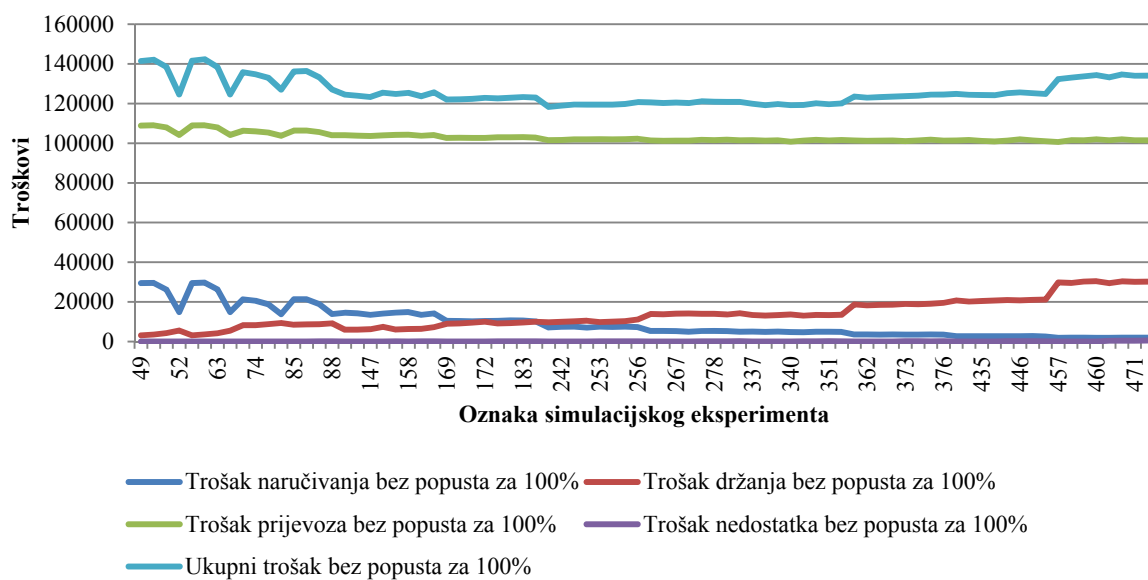


**Slika 4.52.** Troškovi SUZ bez popusta za PZPT od 90% mjenom po broju po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno

Troškovi držanja zaliha rastu sa smanjenjem takta dobave, a s povećanjem postotka zadovoljavanja potražnje tržišta vidljivi su skokovi u ovoj grupi troškova izazvani poslovanjem bez evidencije o prvotno neisporučenim proizvodima i njihove naknadne dobave budući da u tim slučajevima dobava proizvoda je rijetka, a da bi se postigao visoki PZPT mora se proizvode držati na skladištu. Najmanji troškovi držanja zaliha su u simulacijskim eksperimentima s taktom dobave do jednog radnog dana uz sinkronizirano radno vrijeme i za manje postotke zadovoljavanja potražnje tržišta.

Iz simulacijskih eksperimenata je vidljivo da troškovi prijevoza za niske PZPT pokazuju neujednačeno ponašanje pri visokim taktovima dobave dok sa smanjenjem takta troškovi počinju ujednačeno oscilirati vezano za poslovanje s evidencijom i naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda a da lagano opadaju s povećanjem minimalne veličine narudžbe. Međutim, kao što je vidljivo sa slika 4.52 i 4.53 s porastom PZPT razlika između

poslovanja s i bez evidencije i naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda se značajno smanjuje, pa tako za 100% razlika gotovo da i ne postoji. Najveći troškovi prijevoza pojavljuju se u simulacijskim eksperimentima s taktom dobave do jednog radnog dana, sinkroniziranim radnim vremenom i minimalnom veličinom narudžbe u visini do prosječne dnevne potražnje, a najmanji u eksperimentima s taktom dobave od deset radnih dana, nesinkroniziranim radnim vremenom, bez evidencije i naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda i uz zadovoljavanje 80% potražnje tržišta.



**Slika 4.53.** Troškovi SUZ bez popusta za PZPT od 100% mjereno po broju po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno

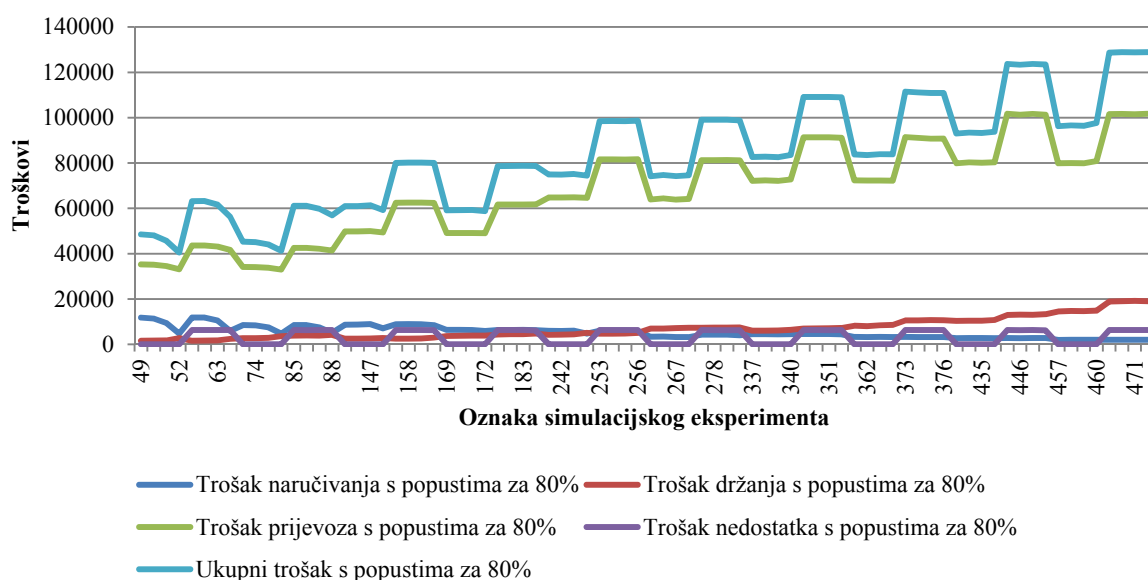
Troškovi nedostatka i naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda pojavljuju se samo u onim simulacijskim eksperimentima u kojim se koristi poslovanje s vođenjem evidencije o prvotno neisporučenim proizvodima i isti se naknadno dobavljaju. U tom slučaju, najveće vrijednosti troškova nedostatka proizvoda se pojavljuju u simulacijskim eksperimentima s PZPT od 80% i značajno rastu kako se smanjuje takt dobave proizvoda.

Ukupni troškovi, kao suma prethodno opisana četiri tipa troškova najviše su ovisni o troškovima prijevoza budući da oni u ukupnim troškovima sudjeluju prosječno s 82,9% temeljem svih 240 simulacijskih eksperimenata s PZPT mjenjenih brojem dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom. Najniži udio troškova prijevoza u ukupnim troškovima je 75,7% u simulacijskom eksperimentu 432, a najviši od 88,0% u simulacijskom eksperimentu oznake 196. Najveći udio troškova prijevoza u ukupnim troškovima pojavljuje se u simulacijskim eksperimentima s PZPT od 80% u kojima se pojavljuju i najveći skokovi vrijednosti troškova prijevoza, a najmanji u simulacijskim eksperimentima s postotkom zadovoljavanja potražnje tržišta od 100%, taktom dobave od 10 radnih dana i nesinkroniziranim radnim vremenom.

#### 4. 4. 8. Troškovi sustava upravljanja zalihama s popustima

##### 4. 4. 8. 1. Troškovi sustava upravljanja zalihama s popustima mjereni po broju izravno isporučenih proizvoda

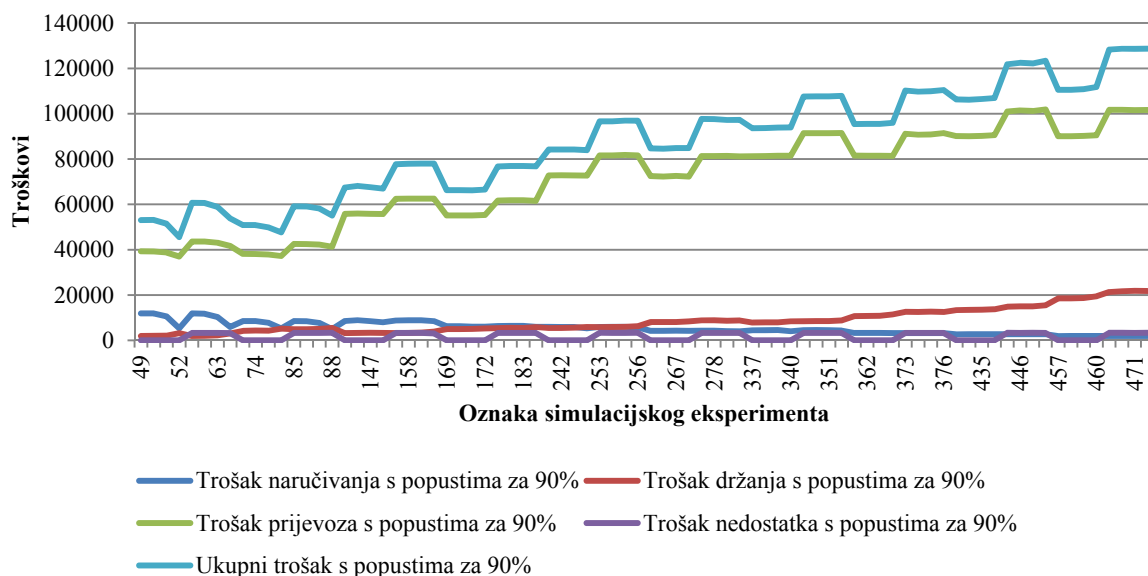
Ukupni troškovi s popustima sustava upravljanja zalihama i sve četiri njihove komponente za 80%, 90% i 100% potražnje tržišta mjereno po broju izravno isporučenih proizvoda prikazane su na slikama 4.54 do 4.56.



**Slika 4.54.** Troškovi SUZ s popustima za PZPT od 80% mjereno po broju izravno isporučenih proizvoda pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno

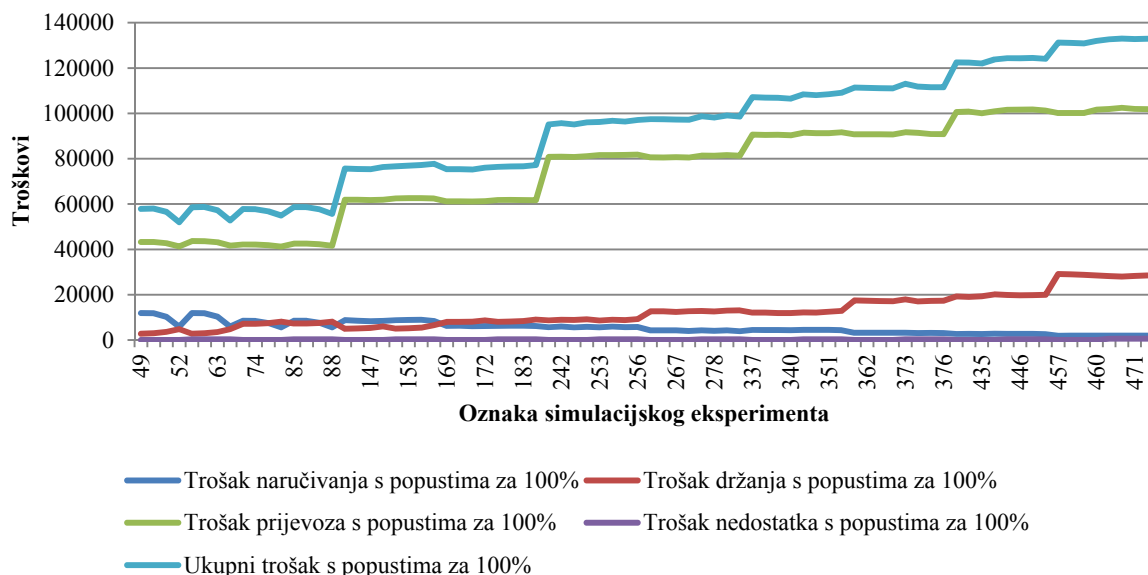
Simulacijskim eksperimentima je utvrđeno da se 15 najvećih troškova naručivanja od proučavanih 240 pojavljuje u simulacijskim eksperimentima s taktom dobave do jednog radnog dana i minimalnom veličinom narudžbe do dvostruke dnevne potražnje, a na visinu ovih troškova ne utječe PZPT, poslovanje s naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda niti sinkroniziranost radnog vremena. Najmanji troškovi naručivanja utvrđeni su simulacijskim eksperimentima s taktom dobave od 10 radnih dana i nesinkroniziranim radnim vremenom, a nevezano za evidenciju i naknadnu dobavu prvotno neisporučenih proizvoda, minimalnu veličinu narudžbe i postotak zadovoljavanja potražnje tržišta.

Troškovi držanja zaliha rastu sa smanjenjem takta dobave, a s povećanjem postotka zadovoljavanja potražnje tržišta vidljivi su skokovi u ovoj grupi troškova izazvani poslovanjem bez evidencije o prvotno neisporučenim proizvodima i njihove naknadne dobave budući da u tim slučajevima dobava proizvoda je rijetka, a da bi se postigao visoki PZPT mora se proizvode držati na skladištu. Najveći troškovi držanja zaliha utvrđeni su simulacijskim eksperimentima s postotkom zadovoljavanja potražnje tržišta od 100%, taktom dobave od 10 radnih dana i nesinkroniziranim rednim vremenom, a najmanji troškovi držanja utvrđeni su simulacijskim eksperimentima s taktom dobave do jednog radnog dana i sinkroniziranim radnim vremenom, a učestalost se smanjuje s porastom postotka zadovoljavanja potražnje tržišta.



**Slika 4.55.** Troškovi SUZ s popustima za PZPT od 90% mjenom po broju izravno isporučenih proizvoda pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno

Troškovi prijevoza se povećavaju sa smanjenjem takta dobave uz značajne skokove u simulacijskim eksperimentima sustava upravljanja zalihama koji posluju s evidencijom i naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda, a da se skokovite promjene smanjuju s povećanjem takta dobave. Međutim, kao što je vidljivo sa slika 4.55 i 4.56, s porastom postotka zadovoljavanja potražnje tržišta razlika između poslovanja s i bez evidencije i naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda se značajno smanjuje, pa tako za 100% razlika gotovo da i ne postoji već ostaje jasno vidljiv utjecaj jedino takta dobave.



**Slika 4.56.** Troškovi SUZ s popustima za PZPT od 100% mjenom po broju izravno isporučenih proizvoda pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno

Troškovi nedostatka i naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda pojavljuju se samo u onim simulacijskim eksperimentima u kojim se koristi poslovanje s vođenjem evidencije o



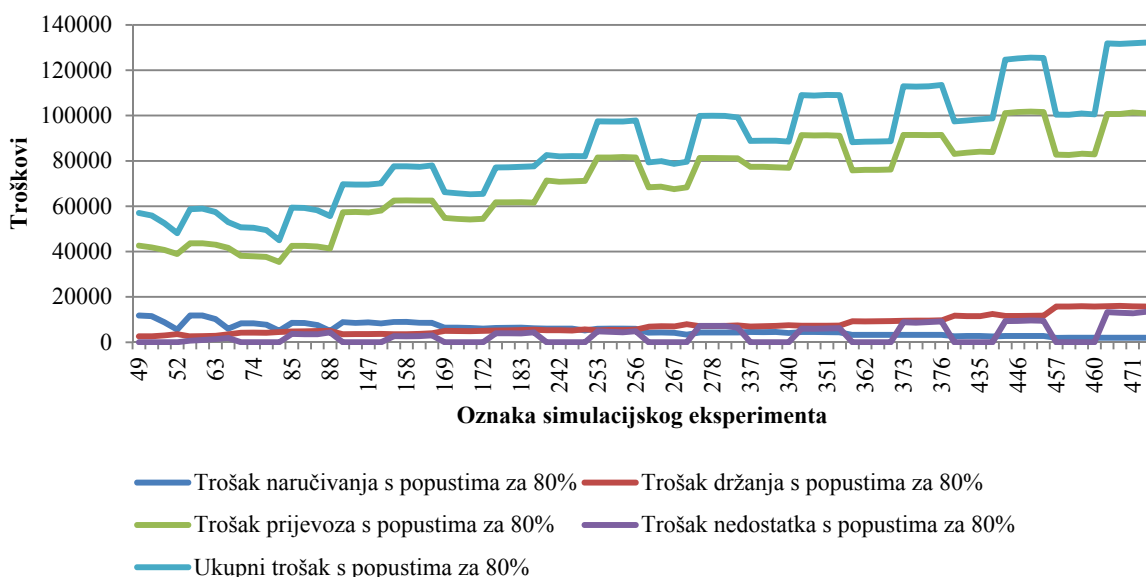
prvotno neisporučenim proizvodima i isti se naknadno dobavljaju. U tom slučaju, najveće vrijednosti troškova nedostatka proizvoda se pojavljuju u simulacijskim eksperimentima s postotkom zadovoljavanja potražnje tržišta od 80%, a opadaju s povećanjem PZPT.

Ukupni troškovi, kao suma prethodno opisana četiri tipa troškova najviše su ovisni o troškovima prijevoza budući da oni u ukupnim troškovima sudjeluju prosječno s 81,0%. Najniži udio troškova prijevoza u ukupnim troškovima je 68,9% u simulacijskom eksperimentu oznake 62, a najviši od 87,3% u simulacijskom eksperimentu oznake 338. Najniže vrijednosti troškova prijevoza se pojavljuju uvijek u simulacijskim eksperimentima s taktom dobave manjim od jednog radnog dana, a najviše vrijednosti u eksperimentima s taktovima dobave tri i pet dana.

#### 4. 4. 8. 2. Troškovi sustava upravljanja zalihama bez popusta mjereni po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom

Ukupni troškovi s popustima sustava upravljanja zalihama i sve četiri njihove komponente za 80%, 90% i 100% potražnje tržišta mjereno po broju izravno isporučenih proizvoda prikazane su na slikama 4.57 do 4.59.

Simulacijskim eksperimentima je utvrđeno da se 15 najvećih troškova naručivanja od 240 proučavanih pojavljuje u simulacijskim eksperimentima s taktom dobave do jednog radnog dana i MVN do dvostruke dnevne potražnje, a na visinu ovih troškova ne utječe PZPT, poslovanje s naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda niti sinkroniziranost radnog vremena. Najmanji troškovi naručivanja utvrđeni su simulacijskim eksperimentima s taktom dobave od 10 radnih dana i nesinkroniziranim radnim vremenom, a nevezano za evidenciju i naknadnu dobavu prvotno neisporučenih proizvoda, MVN i PZPT.

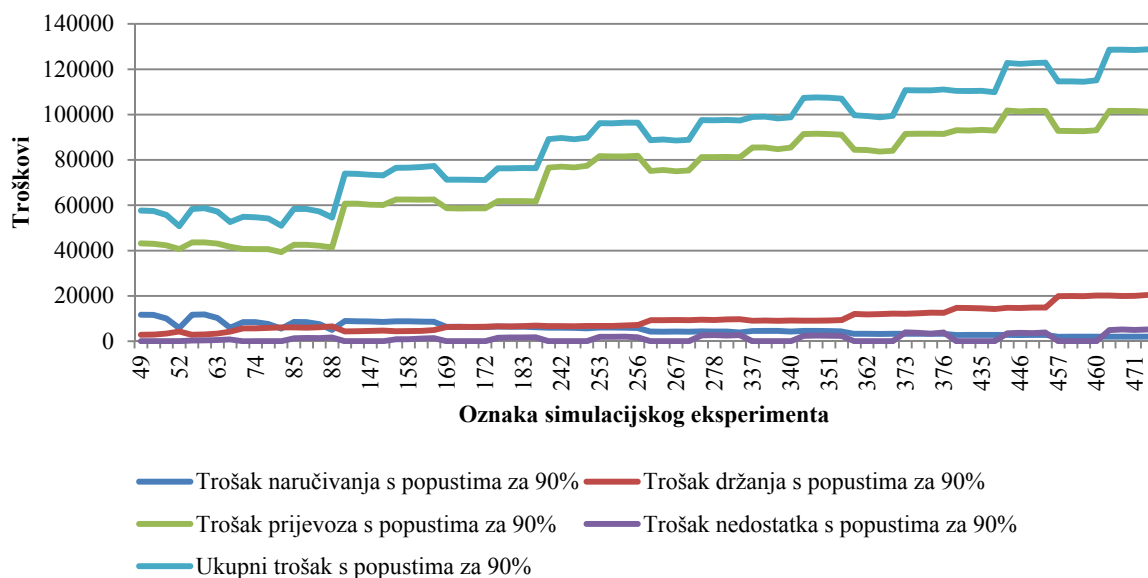


**Slika 4.57.** Troškovi SUZ s popustima za PZPT od 80% mjenom po broju po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno

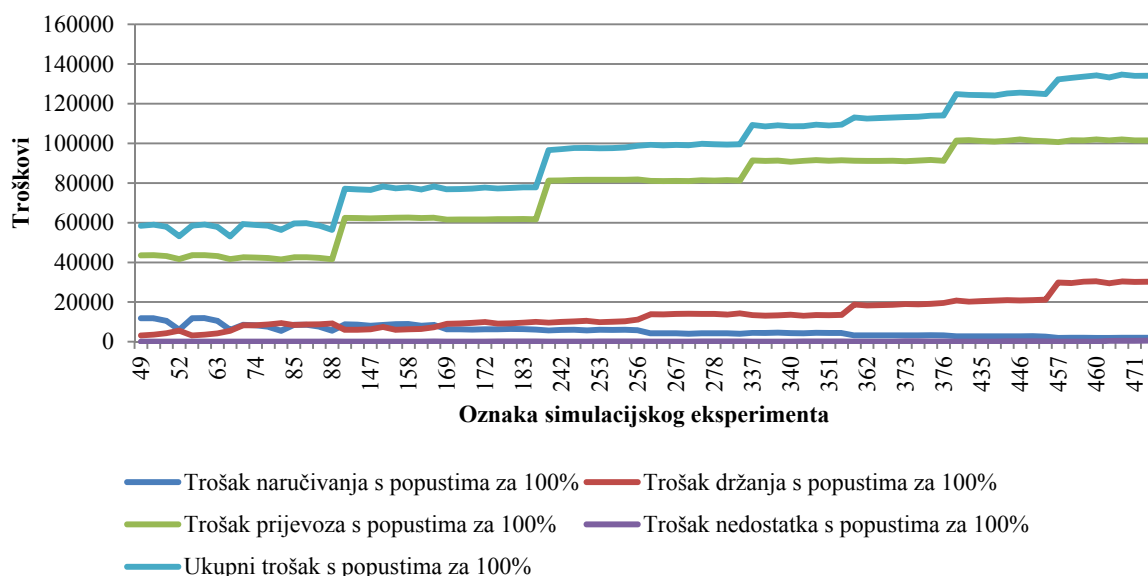
Troškovi držanja zaliha rastu sa smanjenjem takta dobave, a s povećanjem PZPT vidljivi su skokovi u ovoj grupi troškova izazvani poslovanjem bez evidencije o prvotno neisporučenim



proizvodima i njihove naknadne dobave budući da u tim slučajevima dobava proizvoda je rijetka, a da bi se postigao visoki postotak zadovoljavanja potražnje tržišta mora se proizvode držati na skladištu. Najmanji troškovi držanja proizvoda utvrđeni su simulacijskim eksperimentima s taktom dobave do jednog radnog dana i sinkroniziranim radnim vremenom, a učestalost se smanjuje s porastom postotka zadovoljavanja potražnje tržišta.



**Slika 4.58.** Troškovi SUZ s popustima za PZPT od 90% mjereno po broju po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno



**Slika 4.59.** Troškovi SUZ s popustima za PZPT od 100% mjereno po broju po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno

Troškovi prijevoza se povećavaju sa smanjenjem takta dobave uz značajne skokove u simulacijskim eksperimentima sustava upravljanja zalihama koji posluju s evidencijom i naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda, a da se skokovite promjene smanjuju s povećanjem minimalne veličine narudžbe. Razlog takvog rasta troškova prijevoza su smanjeni

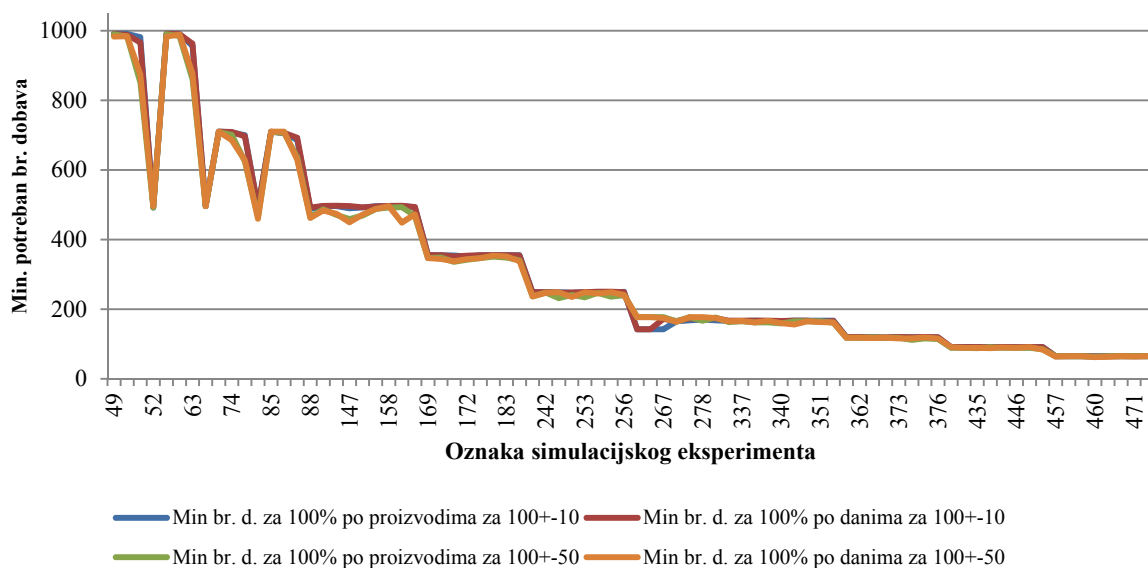
rabati koje poslovni sustav može ugovoriti za rjeđe dobave u usporedbi s visokim taktovima dobave i malim količinama prevezenih proizvoda po jednom prijevozu. Međutim, kao što je vidljivo sa slika 4.58 i 4.59, s porastom PZPT razlika između poslovanja s i bez evidencije i naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda se značajno smanjuje, pa tako za 100% razlika gotovo da i ne postoji već ostaje jasno vidljiv utjecaj takta dobave.

Troškovi nedostatka i naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda pojavljuju se samo u onim simulacijskim eksperimentima u kojim se koristi poslovanje s vođenjem evidencije o prvotno neisporučenim proizvodima i isti se naknadno dobavljaju. U tom slučaju, najveće vrijednosti troškova nedostatka proizvoda se pojavljuju u simulacijskim eksperimentima s PZPT od 80%, a opadaju s povećanjem takta dobave.

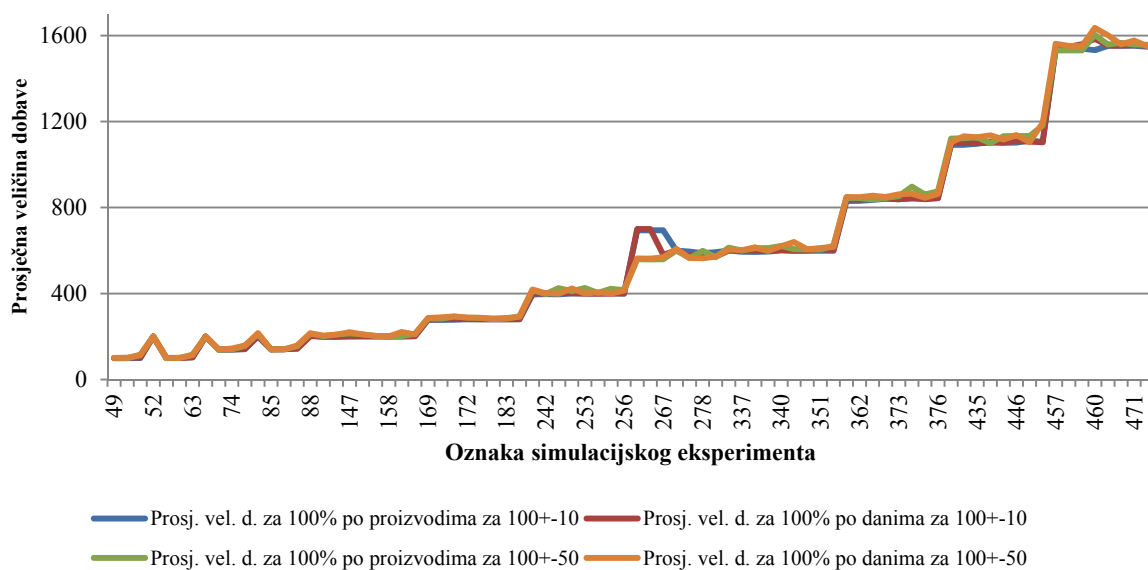
Ukupni troškovi najviše su ovisni o troškovima prijevoza budući da oni u ukupnim troškovima sudjeluju prosječno s 80,8% temeljem svih 240 simulacijskih eksperimenata s PZPT mjenjenih brojem dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom. Najniži udio troškova prijevoza u ukupnim troškovima je 71,3% u simulacijskom eksperimentu oznake 46, a najviši od 87,1% u simulacijskom eksperimentu oznake 289. Najniže vrijednosti troškova prijevoza se pojavljuju uvijek u simulacijskim eksperimentima s taktom dobave manjim od jednog radnog dana, a najviše vrijednosti u eksperimentima s taktovima dobave tri i pet dana.

#### 4. 5. Usporedba kvantificiranih pokazatelja sustava upravljanja zalihama za različite kaotičnosti potražnji

Sa slika 4.60 i 4.61 je vidljivo da se minimalan potreban broj dobava i prosječna veličina dobave za isti postotak zadovoljavanja potražnje tržišta i mjereno na isti način ponašaju vrlo ujednačeno s obzirom na stupanj kaotičnosti potražnje tržišta za proizvodima.

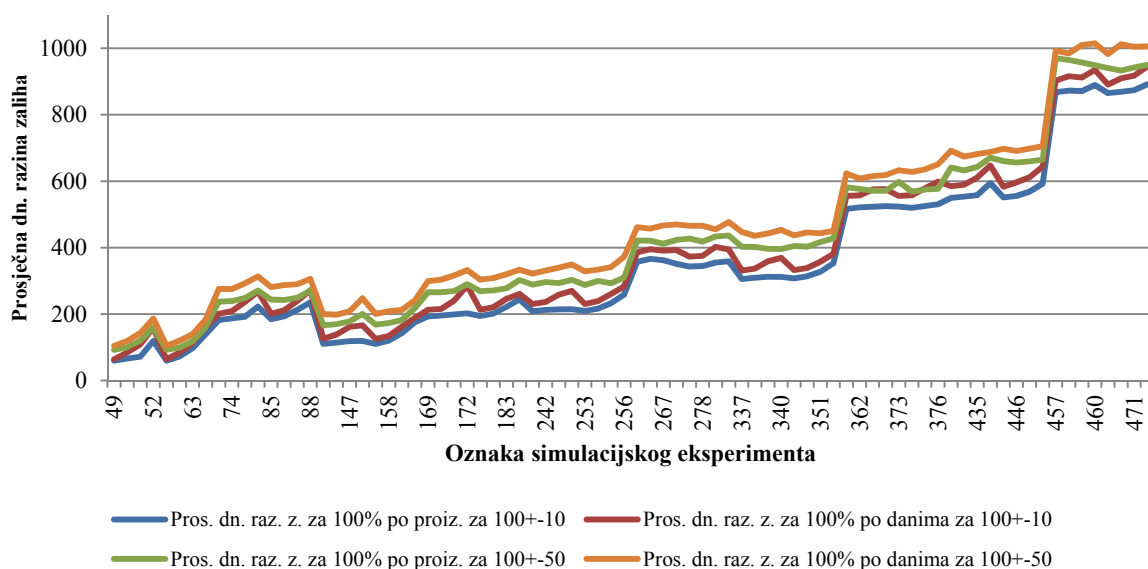


Slika 4.60. Minimalan broj dobava potrebnih za ispunjenje odgovarajućih PZPT pri potražnji  $100\pm 10$  i  $100\pm 50$  proizvoda dnevno



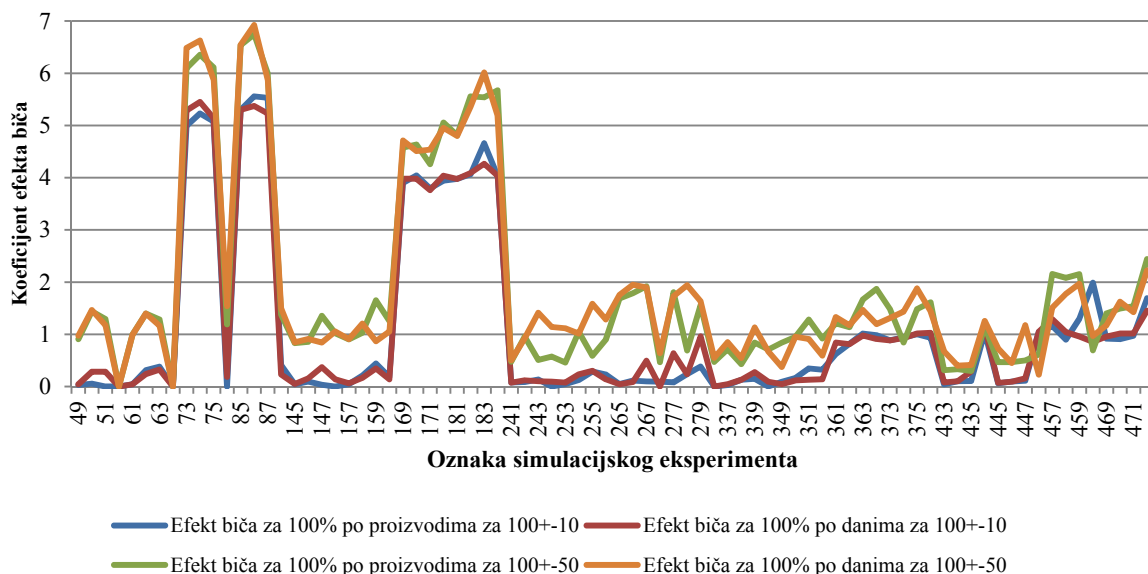
**Slika 4.61.** Prosječna veličina dobave potrebna za ispunjenje odgovarajućih PZPT pri potražnji  $100\pm 10$  i  $100\pm 50$  proizvoda dnevno

Prosječne dnevne razine zaliha prikazane na slici 4.62 su uvijek veće ukoliko se PZPT mjeri brojem dana u odnosu na broj izravno isporučениh proizvoda, dok se s povećanjem kaotičnosti značajno povećava i prosječna dnevna razina zaliha mjerena za isti PZPT.



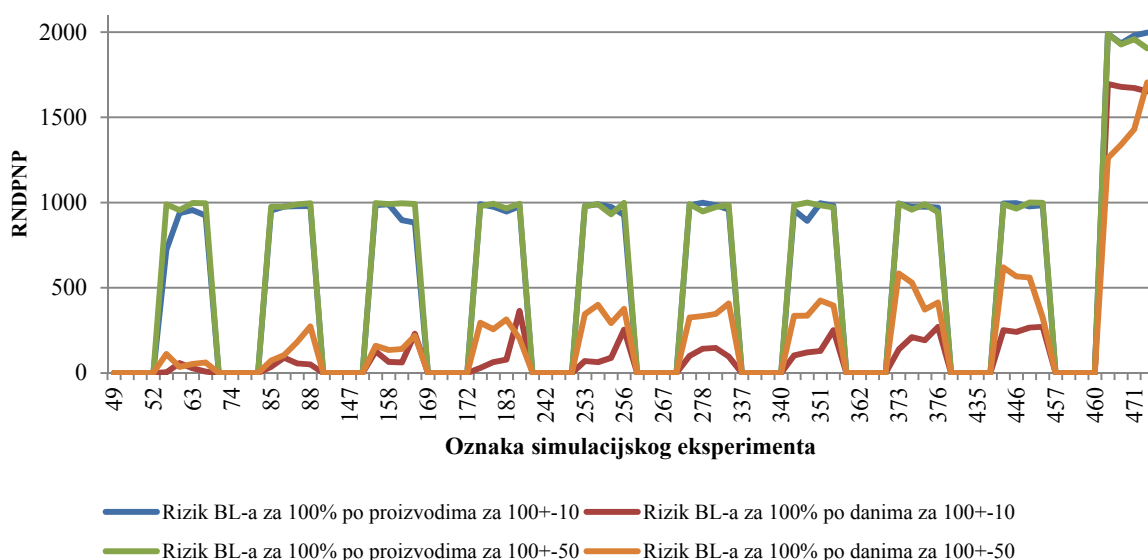
**Slika 4.62.** Prosječna dnevna razina zaliha potrebna za ispunjenje odgovarajućih PZPT pri potražnji  $100\pm 10$  i  $100\pm 50$  proizvoda dnevno

Koeficijent efekta biča vidljiv na slici 4.63, kao što je utvrđeno prethodnim, detaljnim analizama, pokazuje slične ali povećane vrijednosti za jednake postavke simulacijskih eksperimenata pri visokim taktovima dobava do jednog radnog dana, a pri smanjenju taktova dobava na tri i više radnih dana, efekt biča se smanjuje ali postaje neujednačen i nepredvidivih vrijednosti. Pri tome, potražnja s manjim stupnjem kaotičnosti uvijek rezultira nižim vrijednostima koeficijenta efekta biča, nevezano za postavke simulacijskih eksperimenata.



**Slika 4.63.** EB u odnosu na ispunjeni PZPT pri potražnji  $100\pm 10$  i  $100\pm 50$  proizvoda dnevno

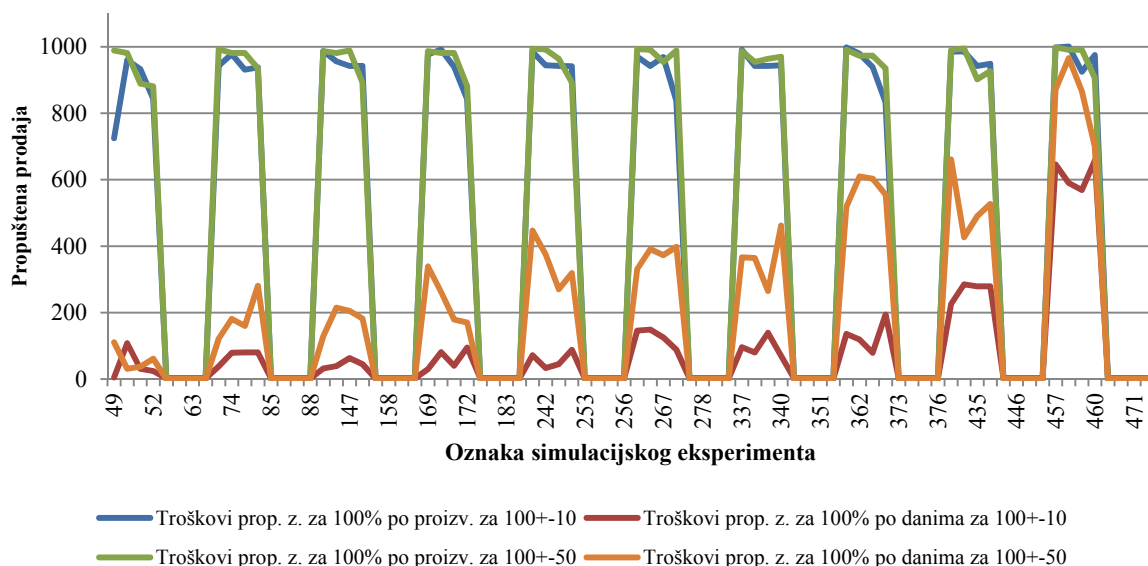
Kaotičnost potražnje nema utjecaja na rezultate rizika naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda već je presudan utjecaj načina mjerenja PZPT budući da je za PZPT mjereno brojem izravno isporučenih proizvoda rizik naknadne dobave uvijek veći nego za PZPT mjereno brojem dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom. Rizik naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda, ukoliko se PZPT mjeri putem broja izravno isporučenih proizvoda, je ujednačen do takta dobave od 10 radnih dana i nesinkroniziranog radnog vremena. Ukoliko se mjeri putem broja dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom, sa slike 4.64 su vidljive vrlo velike razlike i neujednačeno ponašanje pri smanjenju takta dobave proizvoda.



**Slika 4.64.** Rizik naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda u odnosu na ispunjeni PZPT pri potražnji  $100\pm 10$  i  $100\pm 50$  proizvoda dnevno

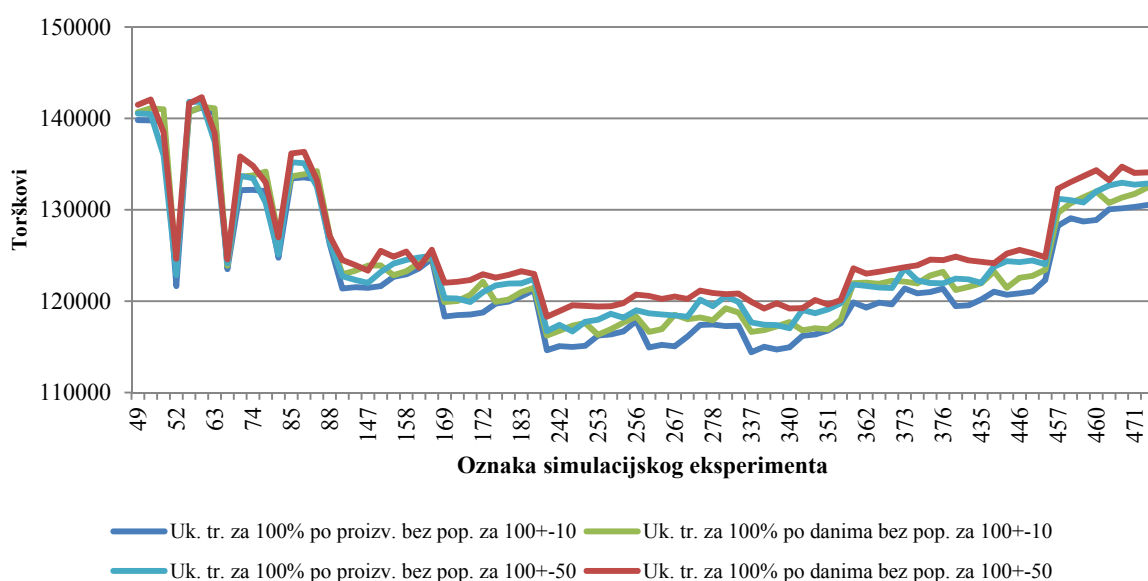
Propuštena prodaja je ujednačena za sve taktove dobava ukoliko se PZPT mjeri putem broja izravno isporučenih proizvoda. Ukoliko se mjeri putem broja dana s u cijelosti zadovoljenom

potražnjom, sa slike 4.65 su vidljive velike razlike i neujednačeno ponašanje pri smanjenju takta dobave proizvoda. Može se zaključiti da s povećanjem kaotičnosti potražnje, značajno raste i propuštena prodaja pri mjerenju PZPT danima s u cijelosti zadovoljenom potražnjom.



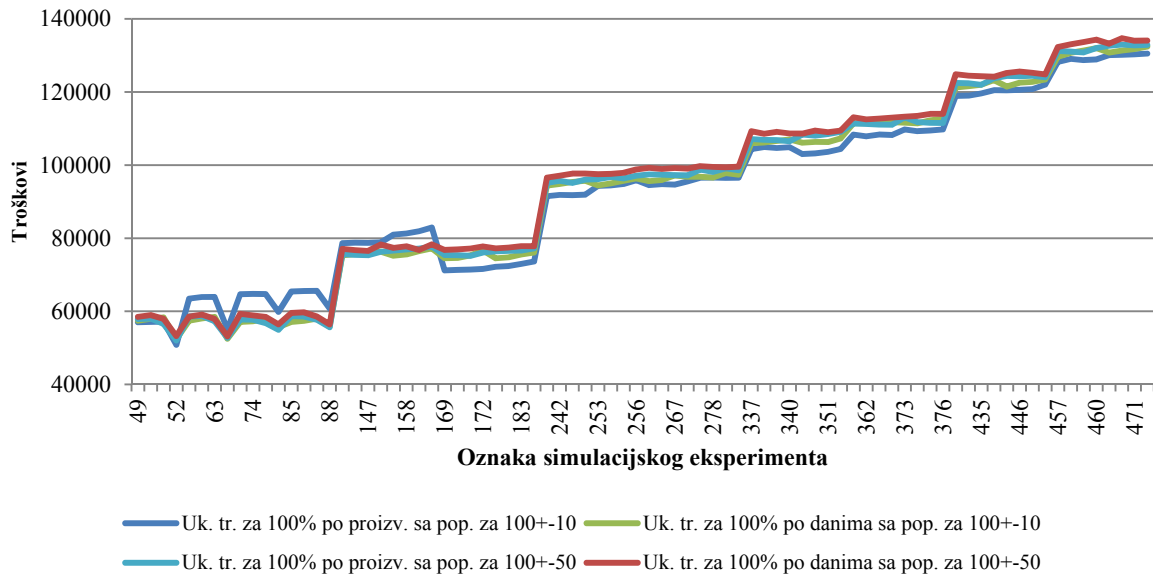
**Slika 4.65.** Propuštena prodaja u odnosu na PZPT pri potražnji  $100\pm 10$  i  $100\pm 50$  proizvoda dnevno

Ukupni troškovi bez popusta sustava upravljanja zalihama za PZPT tržišta od 100% mjereno po broju izravno isporučenih proizvoda i broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom prikazani su na slici 4.66. Vidljivo je da su ukupni troškovi približno ujednačeni ali se prepoznaje činjenica da su troškovi u pravilu veći u slučaju veće kaotičnosti potražnje bez obzira da li se PZPT mjeri putem broja izravno isporučenih proizvoda ili putem broja dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom.



**Slika 4.66.** Ukupni troškovi SUZ bez popusta za PZPT od 100% pri potražnji  $100\pm 10$  i  $100\pm 50$  proizvoda dnevno

Ukupni troškovi s popustima sustava upravljanja zalihama za PZPT od 100% mjereno po broju izravno isporučenih proizvoda i broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom prikazani su na slici 4.67. Vidljivo je da su ukupni troškovi približno ujednačeni ali se, za razliku od troškova sustava upravljanja zalihama bez popusta, prepoznaje činjenica da se ne može odrediti odnos među troškovima vezano za način mjerenja PZPT ili stupanj kaotičnosti potražnje.



Slika 4.67. Ukupni troškovi SUZ s popustima za PZPT od 100% pri potražnji  $100\pm 10$  i  $100\pm 50$  proizvoda dnevno

## 5. INTEGRALNA METODA OPTIMALNOG UPRAVLJANJA ZALIHAMA

Temeljem klasificiranih utjecajnih čimbenika sustava upravljanja zalihama, razvijenog programskog rješenja za utvrđivanje simulacijskih eksperimenata s definiranim postavkama sustava i kvantificiranih pokazatelja sustava upravljanja zalihama, moguće je pristupiti razvoju nove, integralne metode optimalnog upravljanja zalihama.

Novorazvijena integralna metoda optimalnog upravljanja zalihama uzima u obzir sve kvantificirane pokazatelje sustava upravljanja zalihama mogućih modela suradnje u dobavljačkom lancu odnosno, potreban broja dobava, prosječne veličine dobava, prosječne dnevne razine zaliha, efekt biča, rizike naknadnih dobava prvotno neisporučenih proizvoda, propuštenu prodaju te troškove s ili bez popusta i na osnovi njih izabire optimalan način upravljanja zalihama dobavljačkog lanca. Budući da su vrijednosti pojedinih pokazatelja sustava upravljanja zalihama bitno različite (npr. broj dobava kod potražnje  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno se kreće u granicama od 64 do 991, a koeficijent efekta biča od 0 do 5,62), a budući da novorazvijena metoda podrazumijeva jednaku važnost svakog pokazatelja nužno je pristupiti relativizaciji pokazatelja u granicama od 0 do 1. Relativizacija pokazatelja se vrši na način da se vrijednost pokazatelja promatranog simulacijskog eksperimenta podijeli s najvećom vrijednošću pokazatelja utvrđenom u setu simulacijskih eksperimenata. Na taj način simulacijski eksperiment s najvećom vrijednošću kvantificiranog pokazatelja dobiva vrijednost 1, a simulacijski eksperiment s najmanjom vrijednošću istog pokazatelja sustava upravljanja zalihama vrijednost najbližu 0 u odnosu na sve ostale simulacijske eksperimente. Postupak se ponavlja za sve simulacijske eksperimente i za sve utvrđene pokazatelje sustava upravljanja zalihama. Pri tome je bitno za primijetiti da je za sve pokazatelje optimalnog upravljanja zalihama cilj postići čim niže vrijednosti (čim manje dobava u promatranom periodu, čim manje prosječne veličine dobava, čim manje prosječne dnevne razine zaliha i vrijednost efekta biča itd.). Zbog toga se novorazvijena integralna metoda optimalnog upravljanja zalihama

dobavljačkog lanca svodi na superponiranje svih navedenih relativiziranih pokazatelja sustava upravljanja zalihama i može se zaključiti da će onaj simulacijski eksperiment, odnosno, onaj način poslovanja i oni logistički aspekti dobavljačkog lanca pretpostavljani kao u navedenom eksperimentu rezultirati optimalnim upravljanjem zalihama po svim pokazateljima a ne po samo jednom od njih kao što je to najčešće slučaj u praksi.

Novorazvijena integralna metoda optimalnog upravljanja zalihama je razvijena u tri varijante, pri čemu varijanta A koristi šest pokazatelja u vrednovanju rezultata sustava upravljanja zalihama, a varijante B i C ukupno sedam kao što je prikazano na slikama 5.1. do 5.3. Kako bi rezultati sve tri varijante metode bili međusobno usporedivi i unutar istih granica potrebno je ukupne rezultate svake od varijanti metode ponovno relativizirati u rasponu od 0 do 1 sukladno prethodno opisanom principu relativiziranja pojedinačnih pokazatelja.

Novorazvijena integralna metoda optimalnog upravljanja zalihama u varijanti A koristi pokazatelje bez troškova pri čemu je ukupni rezultat pojedinog simulacijskog eksperimenta jednak:

$$\begin{aligned} \text{Ukupan rezultat simulacijskog eksperimenta po varijanti A} = & \text{relativizirana vrijednost} \\ & \text{minimalnog potrebnog broja dobava} + \text{relativizirana vrijednost prosječne veličine dobave} + \\ & \text{relativizirana vrijednost prosječne dnevne razine zaliha} + \text{relativizirana vrijednost} \\ & \text{koeficijenta efekta biča} + \text{relativizirana vrijednost rizika naknadne dobave prvotno} \\ & \text{neisporučenih proizvoda} + \text{relativizirana vrijednost propuštene prodaje} \end{aligned}$$

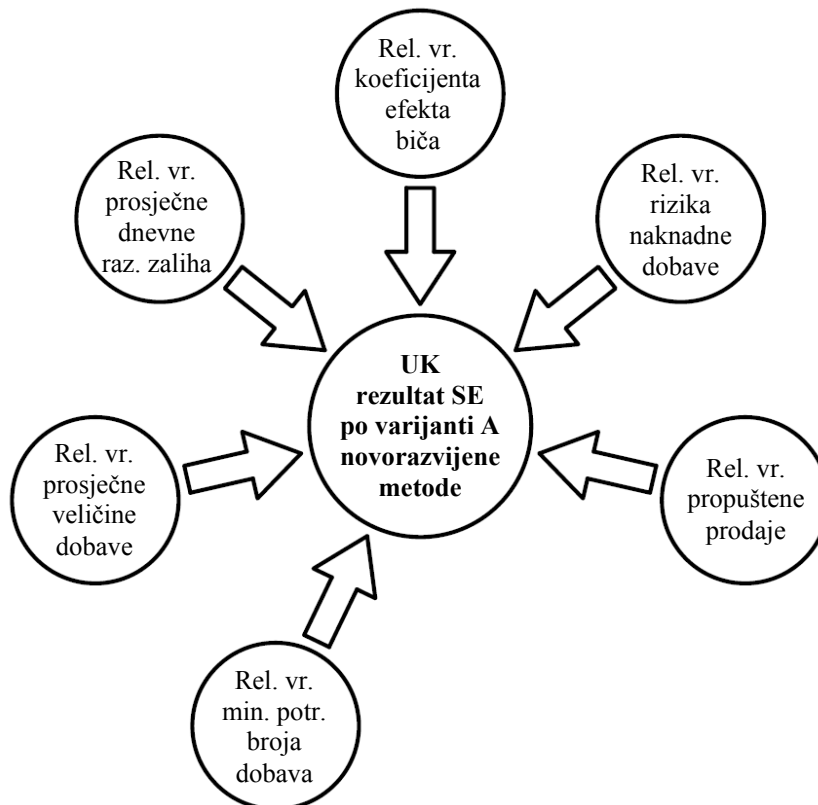
Varijanta A novorazvijene integralne metode je osnovni i najpouzdaniji pokazatelj budući da pokazatelji sustava upravljanja zalihama nisu ovisni o promjenama cijena, porastu ili smanjenju troškova i brojnim drugim financijskim aspektima vezanim za zalihe dobavljačkog lanca. Međutim, upravo u tome leži i ograničenje ove varijante metode budući detaljna analiza i optimiziranje zaliha modernih dobavljačkim lanaca nije moguće bez uključivanja troškova povezanih s njima. Zbog toga je utvrđena i varijanta B metode optimalnog upravljanja zalihama čija jednadžba glasi:

$$\begin{aligned} \text{Ukupan rezultat simulacijskog eksperimenta po varijanti B} = & \\ & \text{ukupan rezultat simulacijskog eksperimenta po varijanti A} + \\ & \text{relativizirana vrijednost ukupnih troškova SUZ bez popusta} \end{aligned}$$

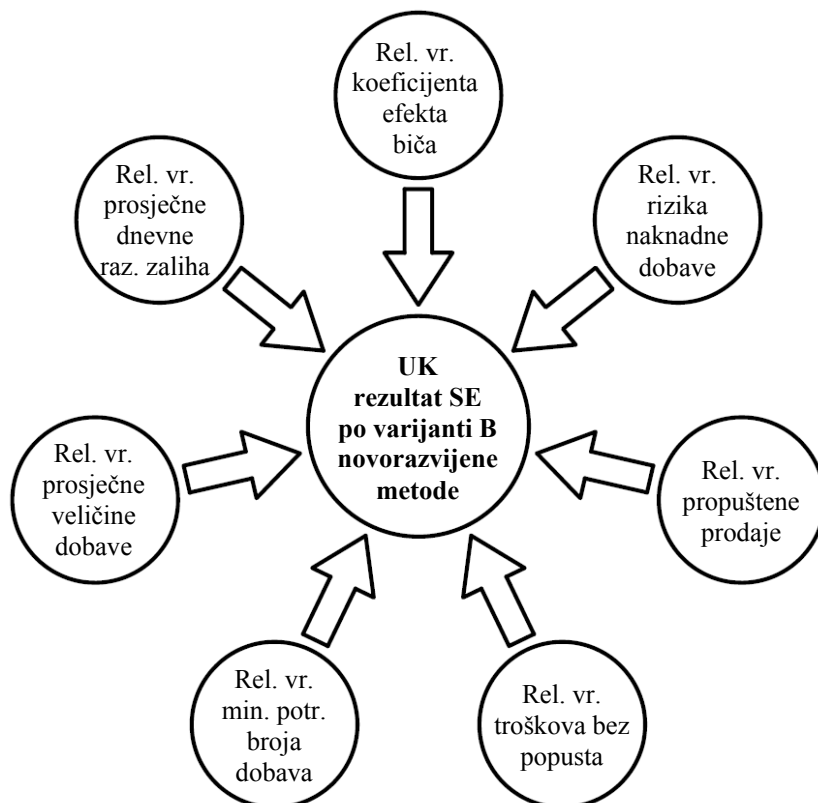
Iz relevantne znanstvene i praktične literature vezane za upravljanje zalihama dobavljačkih lanaca, brojni autori navode primjere u kojima se troškovima vezanim za zalihe odobravaju rabati za veće brojeve dobava ili dugotrajne ugovore i sl. Pri dugotrajnoj i dinamičnoj suradnji u dobavljačkom lancu, za očekivati je da će učesnici dobavljačkog lanca ugovoriti posebne popuste s ciljem dugotrajnog smanjenja troškova ali i smanjenja rizika nastalih iz suradnje s prijevozničkim kućama bez jasno određenih obaveza. Za taj slučaj poslovanja razvijena je varijanta C koja je definirana:

$$\begin{aligned} \text{Ukupan rezultat simulacijskog eksperimenta po varijanti C} = & \\ & \text{ukupan rezultat simulacijskog eksperimenta po varijanti A} + \\ & \text{relativizirana vrijednost ukupnih troškova SUZ s popustima} \end{aligned}$$



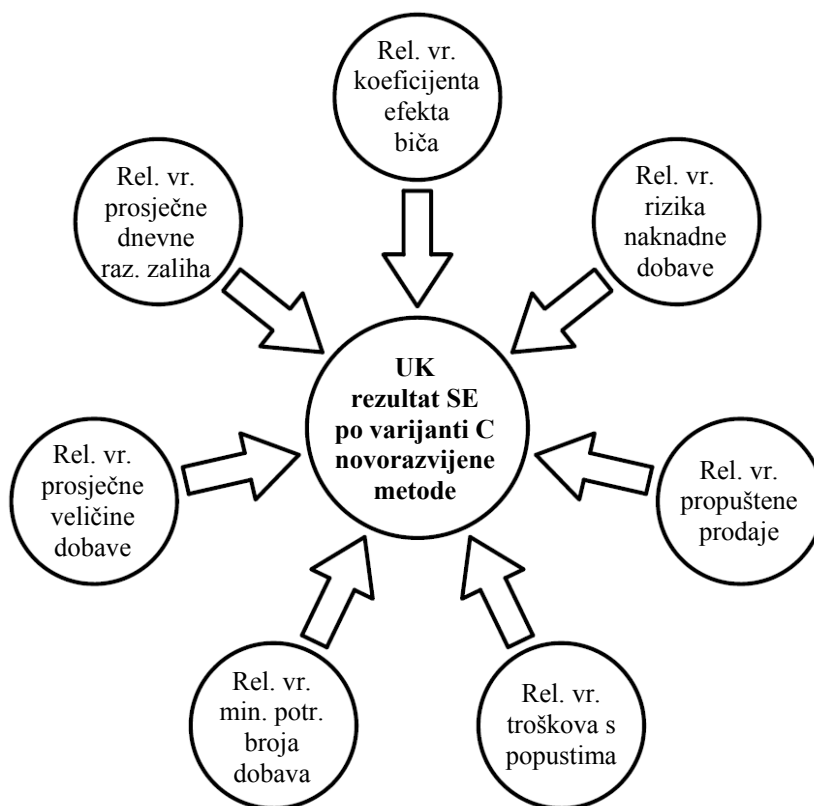


**Slika 5.1.** Pokazatelji korišteni pri određivanju rezultata simulacijskog eksperimenta po novorazvijenoj metodi optimalnog upravljanja zalihama u varijanti A



**Slika 5.2.** Pokazatelji korišteni pri određivanju rezultata simulacijskog eksperimenta po novorazvijenoj metodi optimalnog upravljanja zalihama u varijanti B

Optimalno rješenje koristeći bilo koju od varijanti novorazvijene integralne metode biti će ono koje pokazuje ukupno najnižu vrijednost ukupnog rezultata nastalog zbrajanjem kvantificiranih vrijednosti čimbenika sustava upravljanja zalihama.

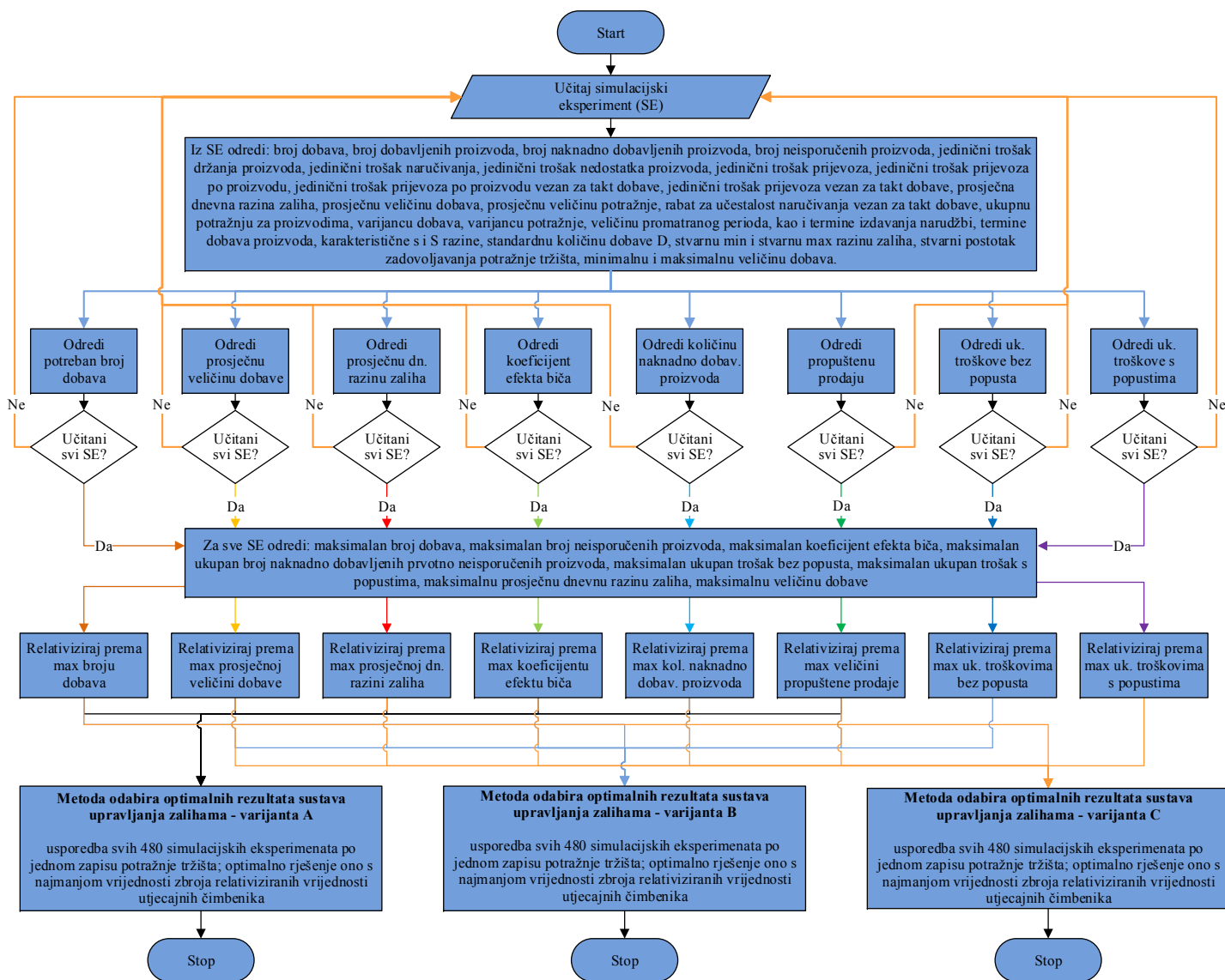


**Slika 5.3.** Pokazatelji korišteni pri određivanju rezultata simulacijskog eksperimenta po novorazvijenoj metodi optimalnog upravljanja zalihama u varijanti C

Na slici 5.4 je prikazan hodogram odabira novorazvijениh metoda odabira optimalnog sustava opravljavanja zalihama koji se temelji na prethodno opisanim pokazateljima.

## 5. 1. Integralna metoda optimalnog upravljanja zalihama, varijanta A

Najbolji rezultat varijante A novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno iznosi 0,2661, a pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno iznosi 0,2876 dok su prosječne vrijednosti 0,5215 i 0,5546 utvrđene na dvije grupe po 480 simulacijskih eksperimenata. Iz navedenih rezultata se može zaključiti da povećanjem kaotičnosti potražnje, najbolje postavke sustava uspravljanja zalihama postaju lošije za 8,09%. Usporedivši prosječni rezultat grupe simulacijskih eksperimenata, potražnja od  $100 \pm 50$  rezultira 6,35% lošijim rezultatom od potražnje niže kaotičnosti.



Slika 5.4. Prikaz novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama i korištenih kvantificiranih čimbenika sustava upravljanja zalihama

U tablici 5.1 prikazano je 10 najboljih rezultata sustava upravljanja zalihama po varijanti A novorazvijene integralne metode pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno. Vidljivo je da se najbolji rezultati postižu za umjereno visoke taktove dobava od jednog i tri radna dana, a da među najboljih 10 postavki nema niti jedne s taktom dobave do jednog radnog dana. Najbolji rezultati će se češće odrediti prilikom mjerenja postotka zadovoljavanja potražnje tržišta po broju dana s u cijelosti ispunjenom potražnjom nego putem broja izravno isporučenih proizvoda. Sinkronizirano radno vrijeme je odlučujuće za postizanje optimalnih rezultata kao i srednji i visoki postotak zadovoljavanja potražnje tržišta. Poslovanje s evidencijom i naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda se pokazalo kao nebitan pokazatelj za dobivanje optimalnog sustava upravljanja zaliha, a minimalna veličina narudžbe kao vrlo bitan budući da u 8 od 10 slučajeva je poslovanje uvjetovano bez minimalne narudžbe. Odstupanje globalno najboljeg ostvarenog rezultata u odnosu na deseti rezultat novorazvijene integralne metode u svojoj varijanti A iznosi 0,0063 bodova odnosno, 2,38%.

**Tablica 5.1.** Najbolji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti A novorazvijene integralne metode pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno

Oznaka SE	Takt dobave	Vrsta PZPT	Sinkr. RV.	BL	PZ PT	MVN	s razina	S razina	Uk. rezultat, varijanta A
261	3	po proizvodima	da	da	100%	1	334	706	0,2661
213	3	po danima	da	da	100%	1	488	727	0,2668
201	3	po danima	da	ne	100%	1	488	727	0,2673
209	3	po danima	da	da	90%	1	339	702	0,2683
105	1	po danima	da	ne	100%	1	198	322	0,2699
117	1	po danima	da	da	100%	1	142	322	0,2705
113	1	po danima	da	da	90%	1	129	308	0,2705
252	3	po proizvodima	da	ne	100%	200	345	744	0,2707
202	3	po danima	da	ne	100%	50	376	758	0,272
165	1	po proizvodima	da	da	100%	1	127	306	0,2724

U tablici 5.2. prikazane su relativizirane vrijednosti pokazatelja korištenih u varijanti A novorazvijene metode optimalnog upravljanja zalihama za 10 najboljih simulacijskih eksperimenata i redni brojevi svakog pokazatelja simulacijskog eksperimenta u odnosu na grupu pri čemu RMPBD označava relativiziranu vrijednost minimalnog potrebnog broja dobava, RPVD relativiziranu vrijednost prosječne veličine dobave, RPDRZ označava relativiziranu vrijednost prosječne dnevne razine zaliha, RKEFB označava relativiziranu vrijednost koeficijenta efekta biča, RRBL relativiziranu vrijednost rizika naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda, a RPP označava relativiziranu vrijednost propuštene prodaje. Pojedini pokazatelj simulacijskog eksperimenta može poprimiti redne brojeve od 1 do 480, međutim, ukoliko određeni simulacijski eksperimenti imaju identičnu vrijednost istog pokazatelja poprimaju i identični redni broj kao što je vidljivo u tablici 5.2 za relativiziranu vrijednost minimalnog potrebnog broja dobava u simulacijskim eksperimentima 261, 213, 201 i 209. Vidljivo je da u 10 globalno najboljih rezultata simulacijskih eksperimenata po varijanti A novorazvijene, integralne metode upravljanja zalihama tek 11 od 60 pokazatelja ima

vrijednosti do rednog broja 10 u svojoj grupi, a prosječni redni broj pokazatelja za promatranih 10 simulacijskih eksperimenata je 169.

**Tablica 5.2.** Najbolji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti A novorazvijene integralne metode pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno s vrijednostima sastavnih pokazatelja i njihovim rednim brojevima

Oznaka SE	RM PBD	R. br.	RP VD	R. br.	RP DRZ	R. br.	RK EFB	R. br.	RR BL	R. br.	R PP	R. br.
261	0,2513	258	0,2527	233	0,2217	212	0,0082	79	0,0265	304	0,0001	1
213	0,2513	258	0,2520	214	0,2437	239	0,0136	101	0,0019	253	0,0001	1
201	0,2513	258	0,2519	211	0,2440	240	0,0133	99	0,0000	1	0,0034	254
209	0,2513	258	0,2525	228	0,2178	205	0,0076	69	0,0375	321	0,0001	1
105	0,5015	401	0,1261	86	0,1333	95	0,0089	88	0,0000	1	0,0015	245
117	0,4995	377	0,1265	126	0,1329	94	0,0108	93	0,0034	261	0,0001	1
113	0,5005	381	0,1263	122	0,1188	70	0,0082	78	0,0194	279	0,0001	1
252	0,2492	248	0,2525	220	0,2272	221	0,0000	1	0,0000	1	0,0448	296
202	0,2513	258	0,2527	230	0,2503	247	0,0216	138	0,0000	1	0,0016	246
165	0,5005	381	0,1263	121	0,1169	69	0,0082	76	0,0267	309	0,0001	1

U tablici 5.3 prikazano je 10 najlošijih rezultata sustava upravljanja zalihama po varijanti A novorazvijene integralne metode pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno. Vidljivo je da se najlošiji rezultati postižu isključivo za taktove dobava od deset radnih dana kao i da će se dvostruko češće odrediti prilikom mjerenja postotka zadovoljavanja potražnje tržišta po broju dana s u cijelosti ispunjenom potražnjom nego putem broja izravno isporučenih proizvoda. Nesinkronizirano radno vrijeme je odlučujuće za postizanje loših rezultata kao niski postotak zadovoljavanja potražnje tržišta (u 9 od 10 slučajeva iznosi 80%). Poslovanje s evidencijom i naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda se pokazalo kao nebitan pokazatelj za dobivanje optimalnih rezultata sustava upravljanja zaliha. Minimalne veličine narudžbi u najlošijim rezultatima su najčešće zastupljene s vrijednostima dvostruke prosječne dnevne potražnje (5 od 10 slučajeva), dok su one u visini prosječne i polovine prosječne dnevne potražnje zastupljene po dva puta. Globalno najlošiji rezultat sustava upravljanja zalihama u odnosu na deseti bolji rezultat novorazvijene integralne metode u svojoj varijanti A odstupa 0,1222 bodova odnosno, 13,92%.

**Tablica 5.3.** Najlošiji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti A novorazvijene integralne metode pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno

Oznaka SE	Takt dobave	Vrsta PZPT	Sinkr. RV.	BL	PZ PT	MVN	s razina	S razina	UK rezultat varijanta A
472	10	po proizvodima	ne	da	80%	200	1414	2911	0,8778
459	10	po proizvodima	ne	ne	80%	100	1393	2396	0,9093
423	10	po danima	ne	da	80%	100	1298	2768	0,9275
421	10	po danima	ne	da	80%	1	1245	2706	0,9389
422	10	po danima	ne	da	80%	50	1254	2733	0,9401
460	10	po proizvodima	ne	ne	80%	200	1307	2492	0,9423
416	10	po danima	ne	ne	90%	200	1513	2893	0,9455
424	10	po danima	ne	da	80%	200	1338	2803	0,9681
410	10	po danima	ne	ne	80%	50	1400	2450	0,9890
412	10	po danima	ne	ne	80%	200	1502	2501	1

U tablici 5.4. prikazane su relativizirane vrijednosti pokazatelja korištenih u varijanti A novorazvijene metode optimalnog upravljanja zalihama za 10 najlošijih simulacijskih eksperimenata i redni brojevi svakog pokazatelja simulacijskog eksperimenta u odnosu na grupu. Vidljivo je da u 10 globalno najlošijih rezultata simulacijskih eksperimenata po varijanti A novorazvijene, integralne metode upravljanja zalihama, 20 od 60 pokazatelja ima vrijednosti do rednog broja 10 u svojoj grupi što predstavlja znatno veći udio u odnosu na najboljih 10 rezultata po istoj varijanti novorazvijene metode. Prosječni redni broj pokazatelja za promatranih 10 simulacijskih eksperimenata je 280.

**Tablica 5.4.** Najlošiji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti A novorazvijene integralne metode pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno s vrijednostima sastavnih pokazatelja i njihovim rednim brojevima

Oznaka SE	RM PBD	R. br.	RP VD	R. br.	RP DRZ	R. br.	RK EFB	R. br.	RR BL	R. br.	R PP	R. br.
472	0,0656	3	0,9768	468	0,6461	444	0,2516	375	0,5688	467	0,0001	1
459	0,0656	3	0,7710	435	0,5141	399	0,2530	376	0,0000	1	0,9952	456
423	0,0656	3	0,9730	453	0,5594	415	0,0946	265	0,9582	478	0,0001	1
421	0,0656	3	0,9732	455	0,5517	408	0,0930	263	1,0000	480	0,0001	1
422	0,0656	3	0,9764	467	0,5525	410	0,0967	267	0,9957	479	0,0001	1
460	0,0656	3	0,7729	436	0,5197	404	0,3436	391	0,0000	1	0,9915	455
416	0,0656	3	0,9011	447	0,7331	464	0,5871	410	0,0000	1	0,4156	373
424	0,0656	3	0,9730	453	0,5628	419	0,2104	365	0,9551	477	0,0001	1
410	0,0656	3	0,8011	439	0,5620	418	0,5469	407	0,0000	1	0,8513	438
412	0,0656	3	0,7982	437	0,5647	420	0,5666	408	0,0000	1	0,8630	439

U tablici 5.5 prikazano je 10 najboljih postavki sustava upravljanja zalihama po varijanti A novorazvijene integralne metode pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno. Najbolji rezultati postižu se za najviše taktove dobava s iznimkom tri postavki sustava upravljanja zalihama u kojima je takt dobave tri radna dana. Način mjerenja postotka zadovoljavanja potražnje tržišta ne utječe na postizanje najboljih rezultata. Sinkronizirano radno vrijeme je odlučujuće za postizanje optimalnih rezultata. Poslovanje s evidencijom i naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda se pokazalo kao čimbenik od malog utjecaja na optimalne postavke sustava upravljanja zaliha budući se javlja u 6 od 10 najboljih rješenja, a minimalna veličina narudžbe kod ovog tipa potražnje je vrlo bitna ali u potpunosti suprotna u odnosu na rezultate pri potražnji tržišta manje kaotičnosti budući da ovdje 7 od 10 najboljih rezultata je postignuto s minimalnom veličinom narudžbe u visini dvostruke dnevne potražnje. Odstupanje globalno najboljeg ostvarenog rezultata u odnosu na deseti rezultat novorazvijene integralne metode u svojoj varijanti A iznosi 0,0316 bodova odnosno, 10,99%.

U tablici 5.6. prikazane su relativizirane vrijednosti pokazatelja korištenih u varijanti A novorazvijene metode optimalnog upravljanja zalihama za 10 najboljih simulacijskih eksperimenata i redni brojevi svakog pokazatelja simulacijskog eksperimenta u odnosu na grupu. Vidljivo je da u 10 globalno najboljih rezultata simulacijskih eksperimenata po varijanti A novorazvijene, integralne metode upravljanja zalihama, 17 od 60 pokazatelja ima vrijednosti do rednog broja 10 u svojoj grupi što predstavlja znatno veći udio u odnosu na najboljih 10

rezultata po istoj varijanti novorazvijene metode pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno. Prosječni redni broj pokazatelja za promatranih 10 simulacijskih eksperimenata je 158.

**Tablica 5.5.** Najbolji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti A novorazvijene integralne metode pri potražnji od  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno

Oznaka SE	Takt dobave	Vrsta PZPT	Sinkr. RV	BL	PZ PT	MVN	s razina	S razina	Uk rezultat, varijanta A
72	<1	po proizvodima	da	da	100%	200	106	305	0,2876
24	<1	po danima	da	da	100%	200	130	329	0,2884
12	<1	po danima	da	ne	100%	200	131	330	0,2899
60	<1	po proizvodima	da	ne	100%	200	105	304	0,2928
20	<1	po danima	da	da	90%	200	89	288	0,2930
8	<1	po danima	da	ne	90%	200	87	286	0,3085
261	3	po proizvodima	da	da	100%	1	437	793	0,3101
16	<1	po danima	da	da	80%	200	62	261	0,3150
263	3	po proizvodima	da	da	100%	100	447	844	0,3181
249	3	po proizvodima	da	ne	100%	1	442	788	0,3192

**Tablica 5.6.** Najbolji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti A novorazvijene integralne metode pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno s vrijednostima sastavnih pokazatelja i njihovim rednim brojevima

Oznaka SE	RMPBD	R. br.	RPVD	R. br.	RPDRZ	R. br.	RKEFB	R. br.	RRBL	R. br.	RPP	R. br.
72	0,5010	398	0,1223	85	0,1580	108	0,0000	1	0,0223	303	0,0000	1
24	0,5010	398	0,1223	85	0,1810	146	0,0000	1	0,0014	243	0,0000	1
12	0,5010	398	0,1223	85	0,1837	151	0,0000	1	0,0000	1	0,0029	243
60	0,4970	389	0,1223	85	0,1569	106	0,0000	1	0,0000	1	0,0420	280
20	0,5010	398	0,1223	85	0,1399	85	0,0000	1	0,0557	325	0,0000	1
8	0,4889	377	0,1223	85	0,1417	88	0,0000	1	0,0000	1	0,1092	324
261	0,2364	245	0,2605	240	0,2832	259	0,0643	61	0,0219	288	0,0000	1
16	0,5010	398	0,1223	85	0,1157	55	0,0000	1	0,1411	342	0,0000	1
263	0,2384	247	0,2583	237	0,2885	264	0,0828	86	0,0209	277	0,0000	1
249	0,2394	249	0,2543	234	0,2844	260	0,0664	66	0,0000	1	0,0474	318

U tablici 5.7 prikazano je 10 najlošijih rezultata sustava upravljanja zalihama po varijanti A novorazvijene integralne metode pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno. Vidljivo je da se najlošiji rezultati postižu za takt dobava od deset radnih dana uz iznimku simulacijskog eksperiment oznake 86 u kojem je takt dobave manji od jednog radnog dana. Od 10 najlošijih rješenja četiri simulacijska eksperimenta su izrađena za postotak zadovoljavanja potražnje tržišta po broju izravno isporučenih proizvoda. Nesinkronizirano radno vrijeme je odlučujuće za postizanje loših rezultata kao i niski postotak zadovoljavanja potražnje tržišta koji u 9 od 10 slučajeva iznosi 80%. Poslovanje s evidencijom i naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda se pokazalo kao gotovo nebitan pokazatelj za dobivanje najlošijih rezultata sustava upravljanja zaliha budući da je u šest od deset slučajeva poslovanje vršeno na takav način. Minimalne veličine narudžbi u najlošijim rezultatima su u četiri simulacijska eksperimenta zastupljene s vrijednostima dvostruke prosječne dnevne potražnje, u tri u visini polovine prosječne dnevne potražnje, a u dva slučaja u visini dnevne potražnje. Globalno najlošiji

rezultat sustava upravljanja zalihama u odnosu na deseti bolji rezultat novorazvijene integralne metode u svojoj varijanti A odstupa 0,1575 bodova odnosno, 18,69%

**Tablica 5.7.** Najlošiji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti A novorazvijene integralne metode pri potražnji od  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno

Oznaka SE	Takt dobave	Vrsta PZPT	Sinkr. RV	BL	PZ PT	MVN	s razina	S razina	UK rezultat, varijanta A
432	10	po danima	ne	da	100%	200	1897	3320	0,8425
459	10	po proizvodima	ne	ne	80%	100	1252	2376	0,8459
460	10	po proizvodima	ne	ne	80%	200	1261	2463	0,8482
412	10	po danima	ne	ne	80%	200	1297	2499	0,8523
86	<1	po proizvodima	ne	da	80%	50	205	260	0,8563
458	10	po proizvodima	ne	ne	80%	50	1254	2352	0,8613
423	10	po danima	ne	da	80%	100	1364	2747	0,9520
422	10	po danima	ne	da	80%	50	1436	2731	0,9744
421	10	po danima	ne	da	80%	1	1446	2703	0,9786
424	10	po danima	ne	da	80%	200	1358	2785	1

U tablici 5.8. prikazane su relativizirane vrijednosti pokazatelja korištenih u varijanti A novorazvijene metode optimalnog upravljanja zalihama za 10 najlošijih simulacijskih eksperimenata i redni brojevi svakog pokazatelja simulacijskog eksperimenata u odnosu na grupu. Vidljivo je da u 10 globalno najlošijih rezultata simulacijskih eksperimenata po varijanti A novorazvijene, integralne metode upravljanja zalihama, 19 od 60 pokazatelja ima vrijednosti do rednog broja 10, a prosječni redni broj pokazatelja za promatranih 10 simulacijskih eksperimenata je 255.

**Tablica 5.8.** Najlošiji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti A novorazvijene integralne metode pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno s vrijednostima sastavnih pokazatelja i njihovim rednim brojevima

Oznaka SE	RM PBD	R. br.	RP VD	R. br.	RP DRZ	R. br.	RK EFB	R. br.	RR BL	R. br.	R. PP	R. br.
432	0,0657	7	0,9482	457	0,9908	477	0,3114	375	0,0382	319	0,0000	1
459	0,0657	7	0,7450	433	0,4794	392	0,0779	81	0,0000	1	0,9957	456
460	0,0657	7	0,7544	436	0,4879	398	0,0744	75	0,0000	1	0,9878	447
412	0,0657	7	0,7732	439	0,5157	406	0,1130	114	0,0000	1	0,9141	440
86	0,7131	431	0,0859	59	0,1282	73	1,0000	480	0,4657	431	0,0000	1
458	0,0657	7	0,7460	435	0,4819	396	0,1151	125	0,0000	1	0,9981	468
423	0,0657	7	0,9473	456	0,5186	409	0,1755	251	0,9531	477	0,0000	1
422	0,0657	7	0,9411	453	0,5250	412	0,2224	319	0,9687	478	0,0000	1
421	0,0657	7	0,9410	452	0,5217	411	0,2163	313	0,9899	479	0,0000	1
424	0,0657	7	0,9444	454	0,5173	408	0,2668	357	1,0000	480	0,0000	1

Usporedni prikaz rezultata novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama dobavljačkog lanca u varijanti A prikazan je na slici 5.5 s dva seta podataka nastalih temeljem 480 različitih postavki simulacijskih eksperimenata. Od proučavanih eksperimenata, bolji rezultat je ostvaren u 391 eksperimentu tj. u 81,46% simulacijskih eksperimenata s potražnjom  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno dok u preostalih 89 eksperimenata ili 18,54% rezultat varijante A



novorazvijene integralne metode je bio bolji pri potražnji  $100\pm 50$  proizvoda dnevno. Iz navedenog slijedi da je mogućnost ostvarivanja boljih rezultata sustava upravljanja zalihama pri manjoj kaotičnosti potražnje mjereno po varijanti A novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama 439,33% veća nego pri većoj kaotičnosti potražnje a za iste postavke sustava.

## 5. 2. Integralna metoda optimalnog upravljanja zalihama, varijanta B

Najbolji rezultat varijante B novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama pri potražnji  $100\pm 10$  proizvoda dnevno iznosi 0,4259, a pri potražnji  $100\pm 50$  proizvoda dnevno iznosi 0,4470 dok su prosječne vrijednosti 0,6299 i 0,6392 utvrđene na dvije grupe po 480 simulacijskih eksperimenata. Iz navedenih rezultata se može zaključiti da povećanjem kaotičnosti potražnje, najbolje postavke sustava upravljanja zalihama postaju lošije za 4,94%. Usporedivši prosječni rezultat grupe simulacijskih eksperimenata, potražnja od  $100\pm 50$  rezultira 1,49% lošijim rezultatom od potražnje niže kaotičnosti.

U tablici 5.9 prikazano je 10 najboljih postavki sustava upravljanja zalihama po varijanti B novorazvijene integralne metode pri potražnji  $100\pm 10$  proizvoda dnevno. Najbolji rezultati postižu se isključivo za takt dobave od tri radna dana uz sinkronizirano radno vrijeme.

**Tablica 5.9.** Najbolji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti B novorazvijene integralne metode pri potražnji  $100\pm 10$  proizvoda dnevno

Oznaka SE	Takt dobave	Vrsta PZPT	Sinkr. RV	BL	PZ PT	MVN	s razina	S razina	UK rezultat, varijanta B
261	3	po proizvodima	da	da	100%	1	334	706	0,4259
213	3	po danima	da	da	100%	1	488	727	0,4266
201	3	po danima	da	ne	100%	1	488	727	0,4268
252	3	po proizvodima	da	ne	100%	200	345	744	0,4274
209	3	po danima	da	da	90%	1	339	702	0,4275
249	3	po proizvodima	da	ne	100%	1	488	701	0,4289
197	3	po danima	da	ne	90%	1	396	697	0,4300
250	3	po proizvodima	da	ne	100%	50	357	726	0,4310
202	3	po danima	da	ne	100%	50	376	758	0,4315
262	3	po proizvodima	da	da	100%	50	363	736	0,4321

Način mjerenja postotka zadovoljavanja potražnje tržišta ne utječe na mogućnost odabira najboljih postavki sustava upravljanja zalihama, ali visina postotka da i to na način da se u 8 od 10 najboljih rezultata simulacijskih eksperimenata PZPT javlja u visini od 100%. Poslovanje s evidencijom i naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda se pokazalo kao gotovo nebitan pokazatelj za dobivanje optimalnih rezultata sustava upravljanja zalihama. Odstupanje globalno najboljeg ostvarenog rezultata u odnosu na deseti rezultat novorazvijene integralne metode u svojoj varijanti A iznosi 0,0062 bodova odnosno, 1,46%. Poslovanje bez minimalne veličina narudžbe je utvrđena u 6 od 10 slučajeva, a u još tri slučaja s minimalnom veličinom narudžbe u visini polovine dnevne potražnje.

U tablici 5.10. prikazane su relativizirane vrijednosti pokazatelja korištenih u varijanti B novorazvijene metode optimalnog upravljanja zalihama za 10 najboljih simulacijskih eksperimenata i redni brojevi svakog pokazatelja simulacijskog eksperimenta u odnosu na grupu. Vidljivo je da u 10 globalno najboljih rezultata simulacijskih eksperimenata po varijanti B novorazvijene, integralne metode upravljanja zalihama, 11 od 60 pokazatelja ima vrijednosti do rednog broja 10 u svojoj grupi, a prosječni redni broj pokazatelja za promatranih 10 simulacijskih eksperimenata je 180.

**Tablica 5.10.** Najbolji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti B novorazvijene integralne metode pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno s vrijednostima sastavnih pokazatelja i njihovim rednim brojevima

Oznaka SE	RM PBD	R. br.	RP VD	R. br.	RP DRZ	R. br.	RK EFB	R. br.	RR BL	R. br.	R. PP	R. br.	RT SUZBP	R. br.
261	0,2513	258	0,2527	233	0,2217	212	0,0082	79	0,0265	304	0,0001	1	0,7947	146
213	0,2513	258	0,2520	214	0,2437	239	0,0136	101	0,0019	253	0,0001	1	0,7952	147
201	0,2513	258	0,2519	211	0,2440	240	0,0133	99	0,0000	1	0,0034	254	0,7946	145
252	0,2492	248	0,2525	220	0,2272	221	0,0000	1	0,0000	1	0,0448	296	0,7870	132
209	0,2513	258	0,2525	228	0,2178	205	0,0076	69	0,0375	321	0,0001	1	0,7941	141
249	0,2513	258	0,2495	204	0,2210	211	0,0135	100	0,0000	1	0,0469	316	0,7838	123
197	0,2513	258	0,2489	203	0,2181	207	0,0072	55	0,0000	1	0,0633	326	0,7815	121
250	0,2513	258	0,2503	206	0,2249	215	0,0155	110	0,0000	1	0,0449	305	0,7868	131
202	0,2513	258	0,2527	230	0,2503	247	0,0216	138	0,0000	1	0,0016	246	0,7982	161
262	0,2513	258	0,2525	220	0,2293	223	0,0226	141	0,0268	312	0,0001	1	0,7954	149

U tablici 5.11 prikazano je 10 najlošijih rezultata sustava upravljanja zalihama po varijanti B novorazvijene integralne metode pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno. Najlošiji rezultati se postižu za takt dobava od deset radnih dana uz iznimku dva simulacijska eksperimenta (oznaka 86 i 87) u kojem je takt dobave manji od jednog radnog dana.

**Tablica 5.11.** Najlošiji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti B novorazvijene integralne metode pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno

Oznaka SE	Takt dobave	Vrsta PZPT	Sinkr. RV	BL	PZ PT	MVN	s razina	S razina	UK rezultat, varijanta B
86	<1	po proizvodima	ne	da	80%	50	161	251	0,9264
472	10	po proizvodima	ne	da	80%	200	1414	2911	0,9265
87	<1	po proizvodima	ne	da	80%	100	188	278	0,9339
416	10	po danima	ne	ne	90%	200	1513	2893	0,9577
410	10	po danima	ne	ne	80%	50	1400	2450	0,9634
423	10	po danima	ne	da	80%	100	1298	2768	0,9681
412	10	po danima	ne	ne	80%	200	1502	2501	0,9715
421	10	po danima	ne	da	80%	1	1245	2706	0,9775
422	10	po danima	ne	da	80%	50	1254	2733	0,9790
424	10	po danima	ne	da	80%	200	1338	2803	1

Od 10 najlošijih rezultata tri simulacijska eksperimenta su izrađena za postotak zadovoljavanja potražnje tržišta po broju izravno isporučenih proizvoda. Nesinkronizirano radno vrijeme je odlučujuće za postizanje loših rezultata kao i niski postotak zadovoljavanja potražnje tržišta

koji u 9 od 10 slučajeva iznosi 80%. Poslovanje s evidencijom i naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda se u 7 od 10 najlošijih rezultata koristi u poslovanju. Poslovanje bez minimalne veličine narudžbi u najlošijim rezultatima, dva puta je MVN u visini prosječne dnevne potražnje, tri puta u visini polovine dnevne potražnje, a četiri puta u visini dvostruke dnevne potražnje. Globalno najlošiji rezultat sustava upravljanja zalihama u odnosu na deseti bolji rezultat novorazvijene integralne metode u svojoj varijanti B odstupa 0,0736 bodova odnosno, 7,94%

U tablici 5.12. prikazane su relativizirane vrijednosti pokazatelja korištenih u varijanti A novorazvijene metode optimalnog upravljanja zalihama za 10 najlošijih simulacijskih eksperimenata i redni brojevi svakog pokazatelja simulacijskog eksperimenta u odnosu na grupu. Vidljivo je da u 10 globalno najlošijih rezultata simulacijskih eksperimenata po varijanti B novorazvijene, integralne metode upravljanja zalihama, 18 od 60 pokazatelja ima vrijednosti do rednog broja 10, a prosječni redni broj pokazatelja za promatranih 10 simulacijskih eksperimenata je 274.

**Tablica 5.12.** Najlošiji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti B novorazvijene integralne metode pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno s vrijednostima sastavnih pokazatelja i njihovim rednim brojevima

Oznaka SE	RM PBD	R. br.	RP VD	R. br.	RP DRZ	R. br.	RK EFB	R. br.	RR BL	R. br.	R PP	R. br.	RT SUZBP	R. br.
86	0,7154	432	0,0883	53	0,1261	86	0,9489	471	0,5649	442	0,0001	1	0,9389	451
472	0,0656	3	0,9768	468	0,6461	444	0,2516	375	0,5688	467	0,0001	1	0,8737	401
87	0,6902	414	0,0914	71	0,1291	90	1,0000	480	0,5667	450	0,0001	1	0,9324	449
416	0,0656	3	0,9011	447	0,7331	464	0,5871	410	0,0000	1	0,4156	373	0,7942	143
410	0,0656	3	0,8011	439	0,5620	418	0,5469	407	0,0000	1	0,8513	438	0,6907	53
423	0,0656	3	0,9730	453	0,5594	415	0,0946	265	0,9582	478	0,0001	1	0,8837	408
412	0,0656	3	0,7982	437	0,5647	420	0,5666	408	0,0000	1	0,8630	439	0,6891	52
421	0,0656	3	0,9732	455	0,5517	408	0,0930	263	1,0000	480	0,0001	1	0,8856	412
422	0,0656	3	0,9764	467	0,5525	410	0,0967	267	0,9957	479	0,0001	1	0,8876	414
424	0,0656	3	0,9730	453	0,5628	419	0,2104	365	0,9551	477	0,0001	1	0,8841	410

U tablici 5.13 prikazano je 10 najboljih postavki sustava upravljanja zalihama po varijanti B novorazvijene integralne metode pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno. Vidljivo je da se najbolji rezultati postižu većinom za najviše taktove dobava do jednog radnog dana s iznimkom četiri simulacijska eksperimenta u kojima je takt dobave tri radna dana. Način mjerenja postotka zadovoljavanja potražnje tržišta ne utječe na postizanje najboljih rezultata. Sinkronizirano radno vrijeme je odlučujuće za postizanje optimalnih rezultata kao i postotak zadovoljavanja potražnje tržišta od 100% koji se javlja koji se javlja u 8 od 10 najboljih rezultata. Poslovanje s evidencijom i naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda se pokazalo kao nebitan pokazatelj za dobivanje optimalnih postavki sustava upravljanja zaliha. Minimalna veličina narudžbe među 10 najboljih rezultata je veličine dvostruke dnevne potražnje u 6 od 10 simulacijskih eksperimenata, a upravljanje zalihama bez minimalna veličina narudžbe i s MVN u visini prosječne dnevne potražnje pojavljuje po dva puta. Odstupanje globalno najboljeg

ostvarenog rezultata u odnosu na deseti rezultat novorazvijene integralne metode u svojoj varijanti B iznosi 0,012 bodova odnosno, 2,68%.

**Tablica 5.13.** Najbolji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti B novorazvijene integralne metode pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno

Oznaka SE	Takt dobave	Vrsta PZPT	Sinkr. RV	BL	PZ PT	MVN	s razina	S razina	UK rezultat, varijanta B
72	<1	po proizvodima	da	da	100%	200	106	305	0,447
24	<1	po danima	da	da	100%	200	130	329	0,448
60	<1	po proizvodima	da	ne	100%	200	105	304	0,449
12	<1	po danima	da	ne	100%	200	131	330	0,45
20	<1	po danima	da	da	90%	200	89	288	0,451
261	3	po proizvodima	da	da	100%	1	437	793	0,452
8	<1	po danima	da	ne	90%	200	87	286	0,456
249	3	po proizvodima	da	ne	100%	1	442	788	0,457
263	3	po proizvodima	da	da	100%	100	447	844	0,459
251	3	po proizvodima	da	ne	100%	100	442	842	0,459

U tablici 5.14 prikazane su relativizirane vrijednosti pokazatelja korištenih u varijanti B novorazvijene metode optimalnog upravljanja zalihama za 10 najboljih simulacijskih eksperimenata i redni brojevi svakog pokazatelja simulacijskog eksperimenta u odnosu na grupu. Vidljivo je da u 10 globalno najboljih rezultata 16 od 60 pokazatelja ima vrijednosti do rednog broja 10 u svojoj grupi, a prosječni redni broj pokazatelja za promatranih 10 simulacijskih eksperimenata je 162.

**Tablica 5.14.** Najbolji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti B novorazvijene integralne metode pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno s vrijednostima sastavnih pokazatelja i njihovim rednim brojevima

Oznaka SE	RM PBD	R. br.	RP VD	R. br.	RP DRZ	R. br.	RK EFB	R. br.	RR BL	R. br.	R PP	R. br.	RT SUZBP	R. br.
72	0,5010	398	0,1223	85	0,1580	108	0,0000	1	0,0223	303	0,0000	1	0,8493	63
24	0,5010	398	0,1223	85	0,1810	146	0,0000	1	0,0014	243	0,0000	1	0,8522	3
60	0,4970	389	0,1223	85	0,1569	106	0,0000	1	0,0000	1	0,0420	280	0,8405	280
12	0,5010	398	0,1223	85	0,1837	151	0,0000	1	0,0000	1	0,0029	243	0,8526	243
20	0,5010	398	0,1223	85	0,1399	85	0,0000	1	0,0557	325	0,0000	1	0,8486	85
261	0,2364	245	0,2605	240	0,2832	259	0,0643	61	0,0219	288	0,0000	1	0,8070	48
8	0,4889	377	0,1223	85	0,1417	88	0,0000	1	0,0000	1	0,1092	324	0,8242	324
249	0,2394	249	0,2543	234	0,2844	260	0,0664	66	0,0000	1	0,0474	318	0,7985	318
263	0,2384	247	0,2583	237	0,2885	264	0,0828	86	0,0209	277	0,0000	1	0,8086	37
251	0,2343	244	0,2599	239	0,2892	267	0,0712	72	0,0000	1	0,0459	292	0,7983	292

U tablici 5.15 prikazano je 10 najlošijih rezultata sustava upravljanja zalihama po varijanti B novorazvijene integralne metode pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno. Vidljivo je da se najlošiji rezultati postižu za takt dobava od deset radnih dana uz iznimku dva simulacijska eksperimenta oznaka 85 i 86 u kojem je takt dobave manji od jednog radnog dana. Od 10 najlošijih rješenja tri simulacijska eksperimenta su izrađena za postotak zadovoljavanja potražnje tržišta po broju izravno isporučenih proizvoda, a nesinkronizirano radno vrijeme je

odlučujuće za postizanje loših rezultata budući da je koristi u poslovanju svih 10 najlošijih rezultata simulacijskih eksperimenata. Niski postotak zadovoljavanja potražnje tržišta od 80% se pojavljuje u šest, a 90% u još jednom simulacijskom eksperimentu. Poslovanje s evidencijom i naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda se koristi u poslovanju devet najlošijih rezultata. Minimalne veličine narudžbi u najlošijim rezultatima se pojavljuju u četiri simulacijska eksperimenta s vrijednostima dvostruke prosječne dnevne potražnje, a ostale MVN-i ravnomjerno po dva. Globalno najlošiji rezultat sustava upravljanja zalihama u odnosu na deseti bolji rezultat novorazvijene integralne metode u svojoj varijanti B odstupa 0,1285 bodova odnosno, 14,74%

**Tablica 5.15.** Najlošiji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti B novorazvijene integralne metode pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno

Oznaka SE	Takt dobave	Vrsta PZPT	Sinkr. RV	BL	PZ PT	MVN	s razina	S razina	UK rezultat, varijanta B
428	10	po danima	ne	da	90%	200	1549	2970	0,8715
419	10	po danima	ne	ne	100%	100	1891	3270	0,8761
480	10	po proizvodima	ne	da	100%	200	1881	3253	0,8780
85	<1	po proizvodima	ne	da	80%	1	184	233	0,8800
432	10	po danima	ne	da	100%	200	1897	3320	0,8846
86	<1	po proizvodima	ne	da	80%	50	205	260	0,9014
423	10	po danima	ne	da	80%	100	1364	2747	0,9632
422	10	po danima	ne	da	80%	50	1436	2731	0,9797
421	10	po danima	ne	da	80%	1	1446	2703	0,9832
424	10	po danima	ne	da	80%	200	1358	2785	1

U tablici 5.16 prikazane su relativizirane vrijednosti pokazatelja korištenih u varijanti B novorazvijene metode optimalnog upravljanja zalihama za 10 najlošijih simulacijskih eksperimenata i redni brojevi svakog pokazatelja simulacijskog eksperimenta u odnosu na grupu. Vidljivo je da u 10 globalno najlošijih rezultata, 18 od 60 pokazatelja ima vrijednosti do rednog broja 10, a prosječni redni broj pokazatelja za promatranih 10 simulacijskih eksperimenata je 270.

**Tablica 5.16.** Najlošiji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti B novorazvijene integralne metode pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno s vrijednostima sastavnih pokazatelja i njihovim rednim brojevima

Oznaka SE	RM PBD	R. br.	RP VD	R. br.	RP DRZ	R. br.	RK EFB	R. br.	RR BL	R. br.	R PP	R. br.	RT SUZBP	R. br.
428	0,0657	7	0,9463	455	0,6692	453	0,2763	367	0,3850	419	0,0000	1	0,8807	179
419	0,0657	7	0,9482	457	0,9947	478	0,2758	365	0,0000	1	0,0413	278	0,9146	278
480	0,0657	7	0,9520	471	0,9358	469	0,3420	387	0,0427	320	0,0000	1	0,9090	80
85	0,7152	435	0,0856	53	0,1253	69	0,9181	473	0,4692	451	0,0000	1	0,9410	211
432	0,0657	7	0,9482	457	0,9908	477	0,3114	375	0,0382	319	0,0000	1	0,9172	79
86	0,7131	431	0,0859	59	0,1282	73	1,0000	480	0,4657	431	0,0000	1	0,9408	191
423	0,0657	7	0,9473	456	0,5186	409	0,1755	251	0,9531	477	0,0000	1	0,9020	237
422	0,0657	7	0,9411	453	0,5250	412	0,2224	319	0,9687	478	0,0000	1	0,9003	238
421	0,0657	7	0,9410	452	0,5217	411	0,2163	313	0,9899	479	0,0000	1	0,9015	239
424	0,0657	7	0,9444	454	0,5173	408	0,2668	357	1,0000	480	0,0000	1	0,9040	240

Usporedni prikaz rezultata novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama dobavljačkog lanca u varijanti B prikazan je na slici 5.6 s dva seta podataka nastalih temeljem 480 različitih postavki simulacijskih eksperimenata. Od proučavanih simulacijskih eksperimenata, bolji rezultat je ostvaren u simulacijskim eksperimentima s potražnjom  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno u 301 eksperimentu tj. u 62,71% dok u preostalih 179 eksperimenata ili 37,29% rezultat varijante B novorazvijene integralne metode je bio bolji pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno. Iz navedenog slijedi da je mogućnost ostvarivanja boljih rezultata sustava upravljanja zalihama pri manjoj kaotičnosti potražnje mjereno po varijanti B novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama 168,16% veća nego pri većoj kaotičnosti potražnje a za iste postavke sustava.

### 5. 3. Integralna metoda optimalnog upravljanja zalihama, varijanta C

Najbolji rezultat varijante C novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno iznosi 0,3132, a pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno iznosi 0,3166 dok su prosječne vrijednosti 0,5769 i 0,5855 utvrđene na dvije grupe po 480 simulacijskih eksperimenata. Iz navedenih rezultata se može zaključiti da povećanjem kaotičnosti potražnje, najbolje postavke sustava uspravljanja zalihama postaju lošije za 1,08%. Usporedivši prosječni rezultat grupe simulacijskih eksperimenata, potražnja od  $100 \pm 50$  rezultira 1,49% lošijim rezultatom od potražnje niže kaotičnosti.

U tablici 5.17 prikazano je 10 najboljih postavki sustava upravljanja zalihama po varijanti C novorazvijene integralne metode pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno. Vidljivo je da se najbolji rezultati postižu isključivo za visoke taktove dobava do jednog radnog dana. U 7 od 10 simulacijskih eksperimenata, najbolji rezultati su utvrđeni postotkom zadovoljavanja potražnje tržišta po broju dana s u cijelosti ispunjenom potražnjom.

**Tablica 5.17.** Najbolji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti C novorazvijene metode pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno

Oznaka SE	Takt dobave	Vrsta PZPT	Sinkr. RV	BL	PZ PT	MVN	s razina	S razina	UK rezultat, varijanta C
60	<1	po proizvodima	da	ne	100%	200	49	248	0,3132
8	<1	po danima	da	ne	90%	200	38	237	0,3174
12	<1	po danima	da	ne	100%	200	103	302	0,3184
72	<1	po proizvodima	da	da	100%	200	84	283	0,3186
24	<1	po danima	da	da	100%	200	102	301	0,3190
20	<1	po danima	da	da	90%	200	82	281	0,3196
16	<1	po danima	da	da	80%	200	69	268	0,3321
4	<1	po danima	da	ne	80%	200	19	218	0,3493
84	<1	po proizvodima	ne	ne	100%	200	238	437	0,3500
113	1	po danima	da	da	90%	1	129	308	0,3579

Sinkronizirano radno vrijeme se pojavljuje u 8 od 10 najboljih rezultata, a minimalna veličina narudžbe je isključivo u vrijednostima dvostrukih dnevnih potražnji za proizvodima. Postotak zadovoljavanja potražnje tržišta od 100% se pojavljuje u šest, a 80% i 90% po dva slučaja u 10



najboljih. Poslovanje s evidencijom i naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda se pokazalo kao gotovo nebitan pokazatelj za dobivanje optimalnog sustava upravljanja zalihama budući da šest rezultata je utvrđeno sa ovim načinom poslovanja, a četiri bez. Odstupanje globalno najboljeg ostvarenog rezultata u odnosu na deseti rezultat novorazvijene integralne metode u svojoj varijanti A iznosi 0,0505 bodova odnosno 21,98%.

U tablici 5.18 prikazane su relativizirane vrijednosti pokazatelja korištenih u varijanti C novorazvijene metode optimalnog upravljanja zalihama za 10 najboljih simulacijskih eksperimenata i redni brojevi svakog pokazatelja simulacijskog eksperimenata u odnosu na grupu. Vidljivo je da u 10 globalno najboljih rezultata 18 od 60 pokazatelja ima vrijednosti do rednog broja 10 u svojoj grupi, a prosječni redni broj pokazatelja za promatranih 10 simulacijskih eksperimenata je 146.

**Tablica 5.18.** Najbolji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti C novorazvijene metode pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno s vrijednostima sastavnih pokazatelja i njihovim rednim brojevima

Oznaka SE	RM PBD	R. br.	RP VD	R. br.	RP DRZ	R. br.	RK EFB	R. br.	RR BL	R. br.	R PP	R. br.	RT SUZSP	R. br.
60	0,4965	362	0,1262	94	0,1260	85	0,0000	1	0,0000	1	0,0401	289	0,3836	15
8	0,4934	358	0,1262	94	0,1211	76	0,0000	1	0,0000	1	0,0669	328	0,3804	13
12	0,5005	381	0,1262	94	0,1686	129	0,0000	1	0,0000	1	0,0011	242	0,3956	21
24	0,5005	381	0,1262	94	0,1709	133	0,0000	1	0,0002	242	0,0001	1	0,3961	22
20	0,5005	381	0,1262	94	0,1449	106	0,0000	1	0,0316	319	0,0001	1	0,3932	18
72	0,5005	381	0,1262	94	0,1477	112	0,0000	1	0,0250	287	0,0001	1	0,4157	33
16	0,5005	381	0,1262	94	0,1262	88	0,0000	1	0,0955	347	0,0001	1	0,3945	19
4	0,4763	347	0,1262	94	0,1105	58	0,0000	1	0,0000	1	0,2288	354	0,3658	8
113	0,5005	381	0,1263	122	0,1188	70	0,0082	78	0,0194	279	0,0001	1	0,5664	158
105	0,5015	401	0,1261	86	0,1333	95	0,0089	88	0,0000	1	0,0015	245	0,5684	161

U tablici 5.19 prikazano je 10 najlošijih rezultata sustava upravljanja zalihama po varijanti C novorazvijene integralne metode pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno. Vidljivo je da se najlošiji rezultati postižu isključivo za takt dobava od deset radnih dana. Od 10 najlošijih rezultata dva simulacijska eksperimenata su izrađena za postotak zadovoljavanja potražnje tržišta po broju izravno isporučenih proizvoda.

**Tablica 5.19.** Najlošiji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti C novorazvijene integralne metode pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno

Oznaka SE	Takt dobave	Vrsta PZPT	Sinkr. RV	BL	PZPT	MVN	s razina	S razina	UK rezultat, varijanta C
432	10	po danima	ne	da	100%	200	1769	3273	0,8948
460	10	po proizvodima	ne	ne	80%	200	1307	2492	0,9145
472	10	po proizvodima	ne	da	80%	200	1414	2911	0,9280
416	10	po danima	ne	ne	90%	200	1513	2893	0,9562
410	10	po danima	ne	ne	80%	50	1400	2450	0,9589
412	10	po danima	ne	ne	80%	200	1502	2501	0,9668
423	10	po danima	ne	da	80%	100	1298	2768	0,9688
421	10	po danima	ne	da	80%	1	1245	2706	0,9781
422	10	po danima	ne	da	80%	50	1254	2733	0,9796
424	10	po danima	ne	da	80%	200	1338	2803	1

Nesinkronizirano radno vrijeme je odlučujuće za postizanje loših rezultata kao i niski postotak zadovoljavanja potražnje tržišta od 80% koji je utvrđen u 8 simulacijskih eksperimenata dok su 90% i 100% utvrđeni u jednom. Poslovanje s evidencijom i naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda se pokazalo kao gotovo nebitan pokazatelj za dobivanje najlošijih rezultata sustava upravljanja zaliha budući da je u šest od deset slučajeva poslovanje vršeno na takav način. Minimalne veličine narudžbi u najlošijim rezultatima su u šest simulacijskih eksperimenata zastupljene s vrijednostima dvostruke prosječne dnevne potražnje, u dva u visini polovine prosječne dnevne potražnje. Globalno najlošiji rezultat sustava upravljanja zalihama u odnosu na deseti bolji rezultat novorazvijene integralne metode u svojoj varijanti C odstupa 0,1052 bodova odnosno, 11,76%

U tablici 5.20 prikazane su relativizirane vrijednosti pokazatelja korištenih u varijanti C novorazvijene metode optimalnog upravljanja zalihama za 10 najlošijih simulacijskih eksperimenata i redni brojevi svakog pokazatelja simulacijskog eksperimenta u odnosu na grupu. Vidljivo je da u 10 globalno najlošijih rezultata, 20 od 60 pokazatelja ima vrijednosti do rednog broja 10, a prosječni redni broj pokazatelja za promatranih 10 simulacijskih eksperimenata je 280.

**Tablica 5.20.** Najlošiji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti C novorazvijene metode pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno s vrijednostima sastavnih pokazatelja i njihovim rednim brojevima

Oznaka SE	RM PBD	R. br.	RP VD	R. br.	RP DRZ	R. br.	RK EFB	R. br.	RR BL	R. br.	R PP	R. br.	RT SUZSP	R. br.
432	0,0656	3	0,9807	477	1,0000	480	0,2587	377	0,0447	325	0,0001	1	1,0000	480
460	0,0656	3	0,7729	436	0,5197	404	0,3436	391	0,0000	1	0,9915	455	0,7304	306
472	0,0656	3	0,9768	468	0,6461	444	0,2516	375	0,5688	467	0,0001	1	0,9651	460
416	0,0656	3	0,9011	447	0,7331	464	0,5871	410	0,0000	1	0,4156	373	0,8772	416
410	0,0656	3	0,8011	439	0,5620	418	0,5469	407	0,0000	1	0,8513	438	0,7628	333
412	0,0656	3	0,7982	437	0,5647	420	0,5666	408	0,0000	1	0,8630	439	0,7612	332
423	0,0656	3	0,9730	453	0,5594	415	0,0946	265	0,9582	478	0,0001	1	0,9761	465
421	0,0656	3	0,9732	455	0,5517	408	0,0930	263	1,0000	480	0,0001	1	0,9781	467
422	0,0656	3	0,9764	467	0,5525	410	0,0967	267	0,9957	479	0,0001	1	0,9804	469
424	0,0656	3	0,9730	453	0,5628	419	0,2104	365	0,9551	477	0,0001	1	0,9765	466

U tablici 5.21 prikazano je 10 najboljih postavki sustava upravljanja zalihama po varijanti C novorazvijene integralne metode pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno. Vidljivo je da se najbolji rezultati postižu za najviše taktove do jednog radnog dana. U 7 od 10 simulacijskih eksperimenata, najbolji rezultati su utvrđeni za postotak zadovoljavanja potražnje tržišta mjeren po broju dana s u cijelosti ispunjenom potražnjom. Sinkronizirano radno vrijeme se pojavljuje u 9 od 10 najboljih rezultata, a minimalna veličina narudžbe je isključivo u vrijednostima dvostrukih dnevnih potražnji za proizvodima. Sinkronizirano radno vrijeme se pojavljuje u 9 od 10 najboljih rezultata, a minimalna veličina narudžbe je isključivo u vrijednostima dvostrukih dnevnih potražnji za proizvodima. Postoci zadovoljavanja potražnje tržišta od 90% i 100% se pojavljuju po četiri puta, a 80% dvaput. Poslovanje s evidencijom i naknadnom



dobavom prvotno neisporučenih proizvoda se pokazalo kao nebitan pokazatelj za određivanje optimalnog sustava upravljanja zalihama po varijanti C novorazvijene integralne metode budući da je pola rezultata utvrđeno s ovim načinom poslovanja, a pola bez. Odstupanje globalno najboljeg ostvarenog rezultata u odnosu na deseti rezultat novorazvijene integralne metode u svojoj varijanti C iznosi 0,0665 bodova odnosno čak 21,0%.

**Tablica 5.21.** Najbolji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti C novorazvijene integralne metode pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno

Oznaka SE	Takt dobave	Vrsta PZPT	Sinkr. RV	BL	PZPT	MVN	s razina	S razina	UK rezultat, varijanta C
72	<1	po proizvodima	da	da	100%	200	106	305	0,3166
24	<1	po danima	da	da	100%	200	130	329	0,3179
60	<1	po proizvodima	da	ne	100%	200	105	304	0,319
12	<1	po danima	da	ne	100%	200	131	330	0,3192
20	<1	po danima	da	da	90%	200	89	288	0,3204
8	<1	po danima	da	ne	90%	200	87	286	0,3282
16	<1	po danima	da	da	80%	200	62	261	0,3374
68	<1	po proizvodima	da	da	90%	200	40	239	0,3608
4	<1	po danima	da	ne	80%	200	60	259	0,3617
32	<1	po danima	ne	ne	90%	200	223	422	0,3831

U tablici 5.22 prikazane su relativizirane vrijednosti pokazatelja korištenih u varijanti C novorazvijene metode optimalnog upravljanja zalihama za 10 najboljih simulacijskih eksperimenata i redni brojevi svakog pokazatelja simulacijskog eksperimenta u odnosu na grupu. Vidljivo je da u 10 globalno najboljih rezultata 20 od 60 pokazatelja ima vrijednosti do rednog broja 10 u svojoj grupi, a prosječni redni broj pokazatelja za promatranih 10 simulacijskih eksperimenata je 147.

**Tablica 5.22.** Najbolji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti C novorazvijene metode pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno s vrijednostima sastavnih pokazatelja i njihovim rednim brojevima

Oznaka SE	RM PBD	R. br.	RP VD	R. br.	RP DRZ	R. br.	RK EFB	R. br.	RR BL	R. br.	R PP	R. br.	RT SUZSP	R. br.
72	0,50101	398	0,12229	85	0,15803	108	0,00000	1	0,02230	303	0,00000	1	0,39138	63
24	0,50101	398	0,12229	85	0,18103	146	0,00000	1	0,00139	243	0,00000	1	0,39450	3
60	0,49697	389	0,12229	85	0,15693	106	0,00000	1	0,00000	1	0,04197	280	0,38606	280
12	0,50101	398	0,12229	85	0,18375	151	0,00000	1	0,00000	1	0,00291	243	0,39497	243
20	0,50101	398	0,12229	85	0,13985	85	0,00000	1	0,05567	325	0,00000	1	0,39058	85
8	0,48889	377	0,12229	85	0,14173	88	0,00000	1	0,00000	1	0,10918	324	0,37693	324
16	0,50101	398	0,12229	85	0,11571	55	0,00000	1	0,14110	342	0,00000	1	0,39362	102
68	0,50101	398	0,12229	85	0,09916	40	0,00000	1	0,23971	358	0,00000	1	0,39967	118
4	0,46869	354	0,12229	85	0,11757	60	0,00000	1	0,00000	1	0,29973	344	0,35721	344
32	0,47273	357	0,12229	85	0,19944	170	0,00000	1	0,00000	1	0,27320	340	0,37857	340

U tablici 5.23 prikazano je 10 najlošijih rezultata sustava upravljanja zalihama po varijanti C novorazvijene integralne metode pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno. Vidljivo je da se najlošiji rezultati postižu za takt dobava od deset radnih dana. Od 10 najlošijih rješenja tri

simulacijska eksperimenta su utvrdila postotak zadovoljavanja potražnje tržišta mjeren brojem izravno isporučenih proizvoda. Nesinkronizirano radno vrijeme je odlučujuće za ostvarivanje loših rezultata. Poslovanje s evidencijom i naknadnom dobavom prvotno neisporučenih proizvoda se javlja u 8 od 10 najlošijih rezultata. Loši rezultati se najčešće pojavljuju za postotak zadovoljavanja potražnje tržišta od 80% koji je utvrđen u 5 od 10 slučajeva, 90% se pojavljuje u jednom a 100% u preostala četiri simulacijska eksperimenta. Minimalne veličine narudžbi u 10 najlošijih rezultata utvrđene su u pet simulacijskih eksperimenta s vrijednostima dvostruke prosječne dnevne potražnje, u dva u visini prosječne dnevne potražnje i bez MVN te u jednom u visini polovine prosječne dnevne potražnje. Globalno najlošiji rezultat sustava upravljanja zalihama u odnosu na deseti bolji rezultat novorazvijene integralne metode u svojoj varijanti C odstupa 0,1309 bodova odnosno, 15,06%.

**Tablica 5.23** Najlošiji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti C novorazvijene integralne metode pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno

Oznaka SE	Takt dobave	Vrsta PZPT	Sinkr. RV	BL	PZPT	MVN	s razina	S razina	UK rezultat, varijanta C
465	10	po proizvodima	ne	ne	100%	1	2076	3169	0,8691
472	10	po proizvodima	ne	da	80%	200	1480	2927	0,8730
428	10	po danima	ne	da	90%	200	1549	2970	0,8736
419	10	po danima	ne	ne	100%	100	1891	3270	0,8789
480	10	po proizvodima	ne	da	100%	200	1881	3253	0,8806
432	10	po danima	ne	da	100%	200	1897	3320	0,8872
423	10	po danima	ne	da	80%	100	1364	2747	0,9639
422	10	po danima	ne	da	80%	50	1436	2731	0,9800
421	10	po danima	ne	da	80%	1	1446	2703	0,9834
424	10	po danima	ne	da	80%	200	1358	2785	1

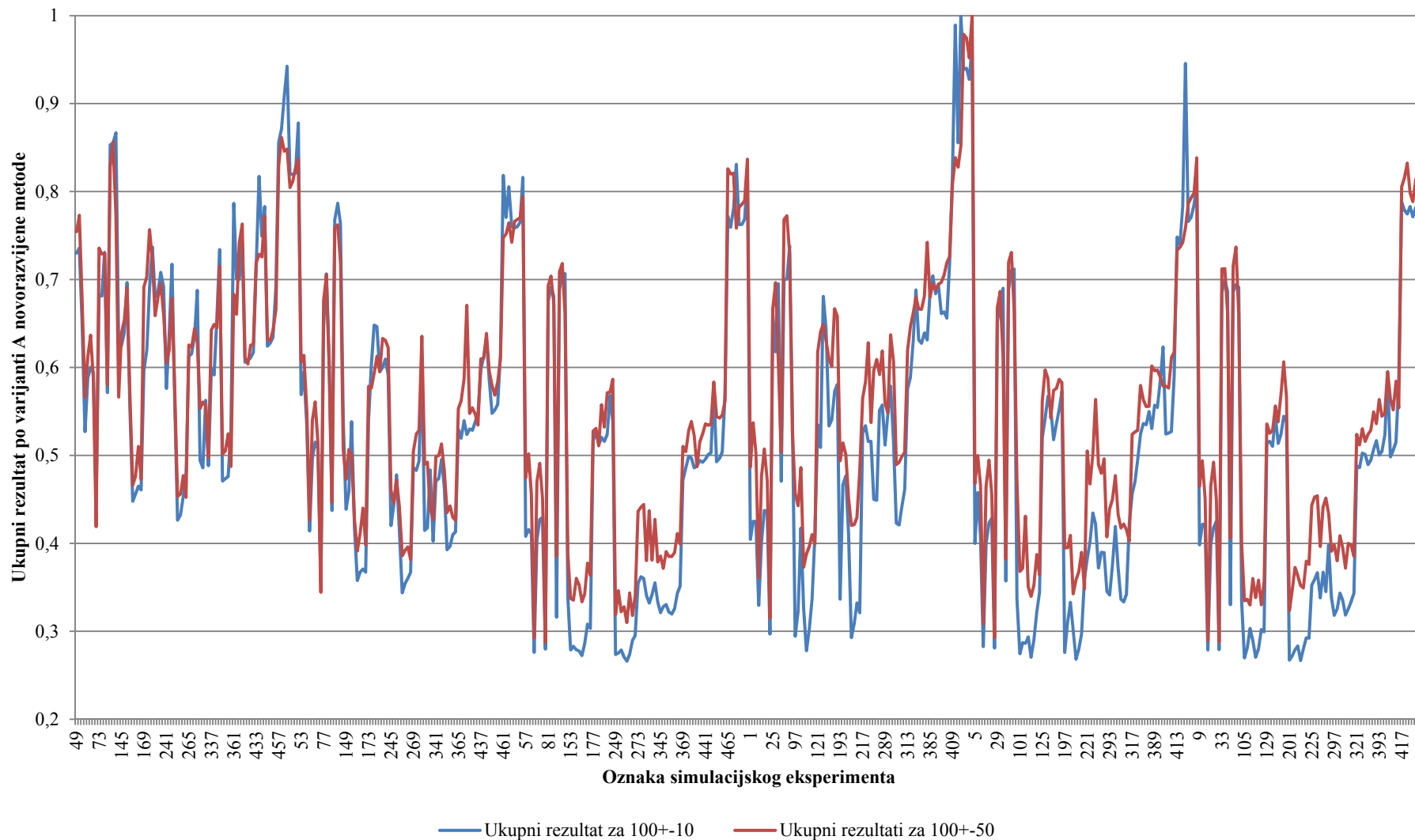
Usporedni prikaz rezultata novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama dobavljačkog lanca u varijanti C prikazan je na slici 5.7 s dva seta podataka nastalih temeljem 480 različitih postavki simulacijskih eksperimenata. Od proučavanih simulacijskih eksperimenata, bolji rezultat je ostvaren u eksperimentima s potražnjom  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno u 305 eksperimenata tj. u 63,54%, dok u preostalim 175 eksperimenata ili 36,46% rezultat varijante C novorazvijene integralne metode je bio bolji pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno. Iz navedenog slijedi da je mogućnost ostvarivanja boljih rezultata sustava upravljanja zalihama pri manjoj kaotičnosti potražnje mjereno po varijanti A novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama 174,29% veća nego pri većoj kaotičnosti potražnje a za iste postavke sustava.

U tablici 5.24 prikazane su relativizirane vrijednosti pokazatelja korištenih u varijanti B novorazvijene metode optimalnog upravljanja zalihama za 10 najlošijih simulacijskih eksperimenata i redni brojevi svakog pokazatelja simulacijskog eksperimenta u odnosu na grupu. Vidljivo je da u 10 globalno najlošijih rezultata, 20 od 60 pokazatelja ima vrijednosti do rednog broja 10, a prosječni redni broj pokazatelja za promatranih 10 simulacijskih eksperimenata je 275.

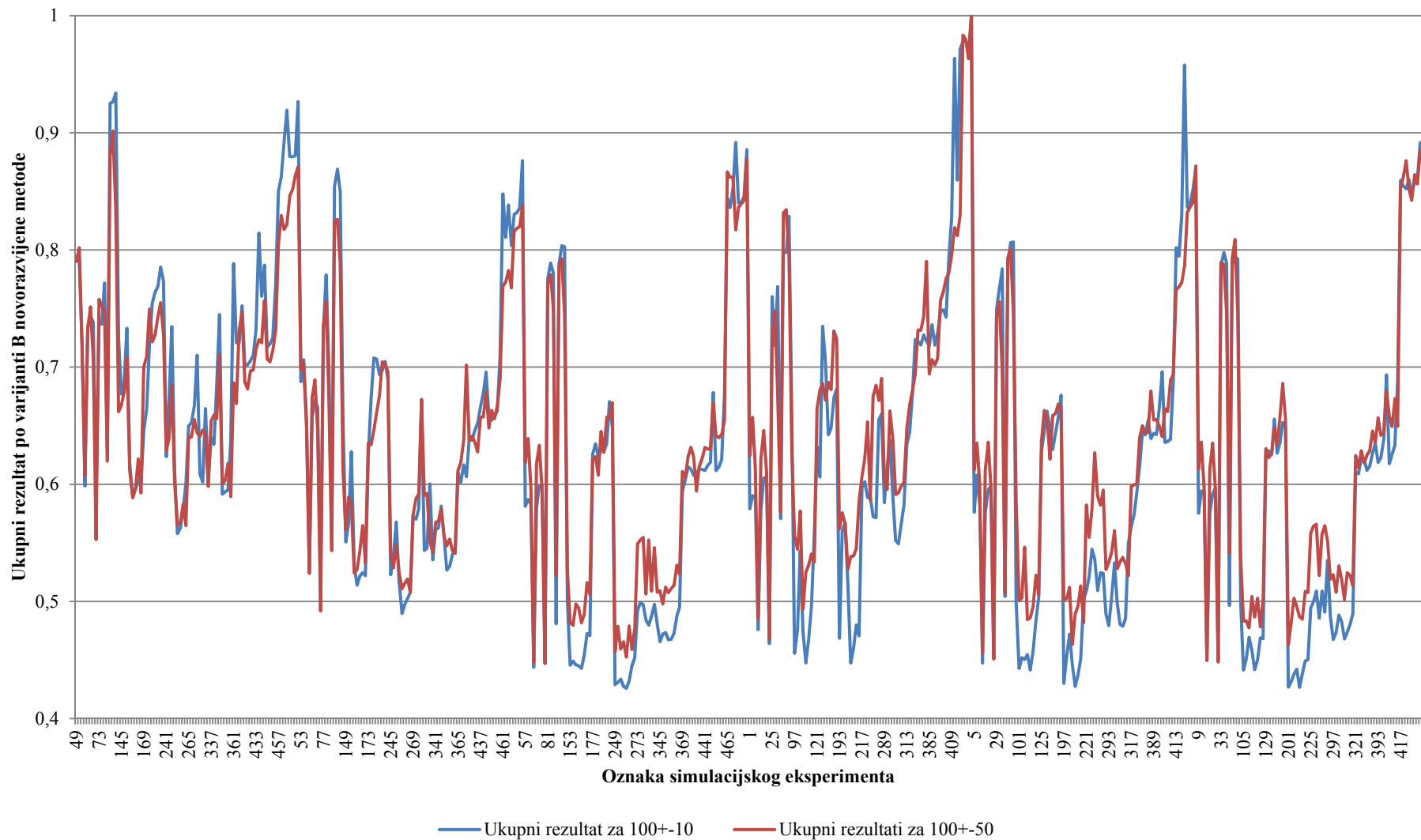
**Tablica 5.24.** Najlošiji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti C novorazvijene metode pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno s vrijednostima sastavnih pokazatelja i njihovim rednim brojevima

Oznaka SE	RM PBD	R. br.	RP VD	R. br.	RP DRZ	R. br.	RK EFB	R. br.	RR BL	R. br.	R PP	R. br.	RT SUZSP	R. br.
465	0,0657	7	0,9360	451	0,9558	472	0,3023	373	0,0000	1	0,0475	320	0,9739	320
472	0,0657	7	0,9501	467	0,6245	433	0,2298	324	0,4691	449	0,0000	1	0,9568	209
428	0,0657	7	0,9463	455	0,6692	453	0,2763	367	0,3850	419	0,0000	1	0,9555	179
419	0,0657	7	0,9482	457	0,9947	478	0,2758	365	0,0000	1	0,0413	278	0,9923	278
480	0,0657	7	0,9520	471	0,9358	469	0,3420	387	0,0427	320	0,0000	1	0,9862	80
432	0,0657	7	0,9482	457	0,9908	477	0,3114	375	0,0382	319	0,0000	1	0,9952	79
423	0,0657	7	0,9473	456	0,5186	409	0,1755	251	0,9531	477	0,0000	1	0,9787	237
422	0,0657	7	0,9411	453	0,5250	412	0,2224	319	0,9687	478	0,0000	1	0,9769	238
421	0,0657	7	0,9410	452	0,5217	411	0,2163	313	0,9899	479	0,0000	1	0,9781	239
424	0,0657	7	0,9444	454	0,5173	408	0,2668	357	1,0000	480	0,0000	1	0,9808	240

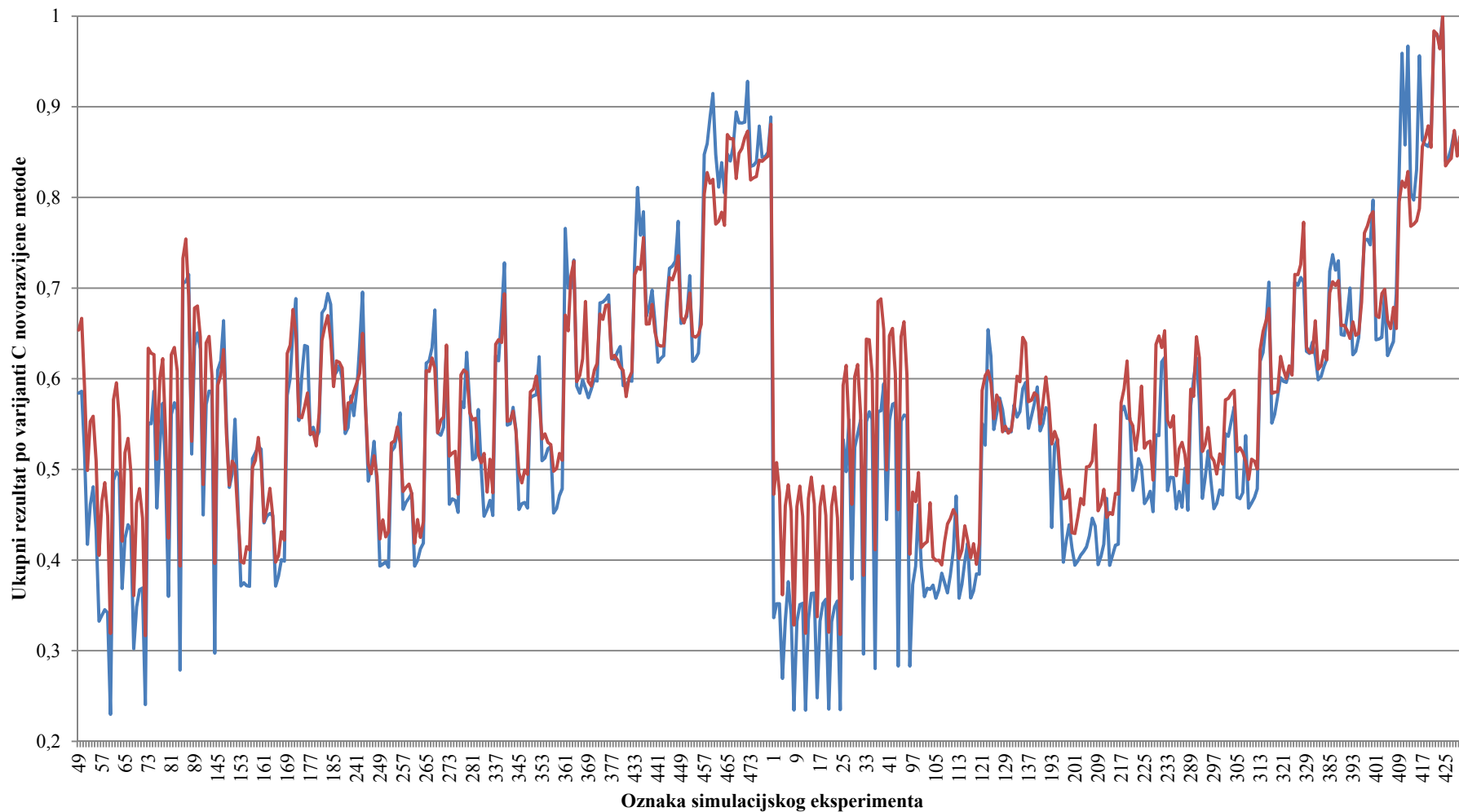
Na slikama 5.8 do 5.13 prikazani su rezultati novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama u varijantama A, B i C za potražnje tržišta od  $100 \pm 10$  i  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno grupirani po rastućim vrijednostima jedne od varijanti metoda. Na slici 5.14 vidljiv je histogram rezultata simulacijskih eksperimenata po sve tri varijante novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama i za oba stupnja kaotičnosti potražnje. Kao što je navedeno u dosadašnjim analizama, sa histograma se vidi kako se rezultati bliže optimalnom rješenju (niže vrijednosti rezultata simulacijskih eksperimenata) znatno češće pojavljuju pri potražnji manje kaotičnosti.



**Slika 5.5.** Usporedba rezultata varijante A novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama za potražnje tržišta od  $100 \pm 10$  i  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno

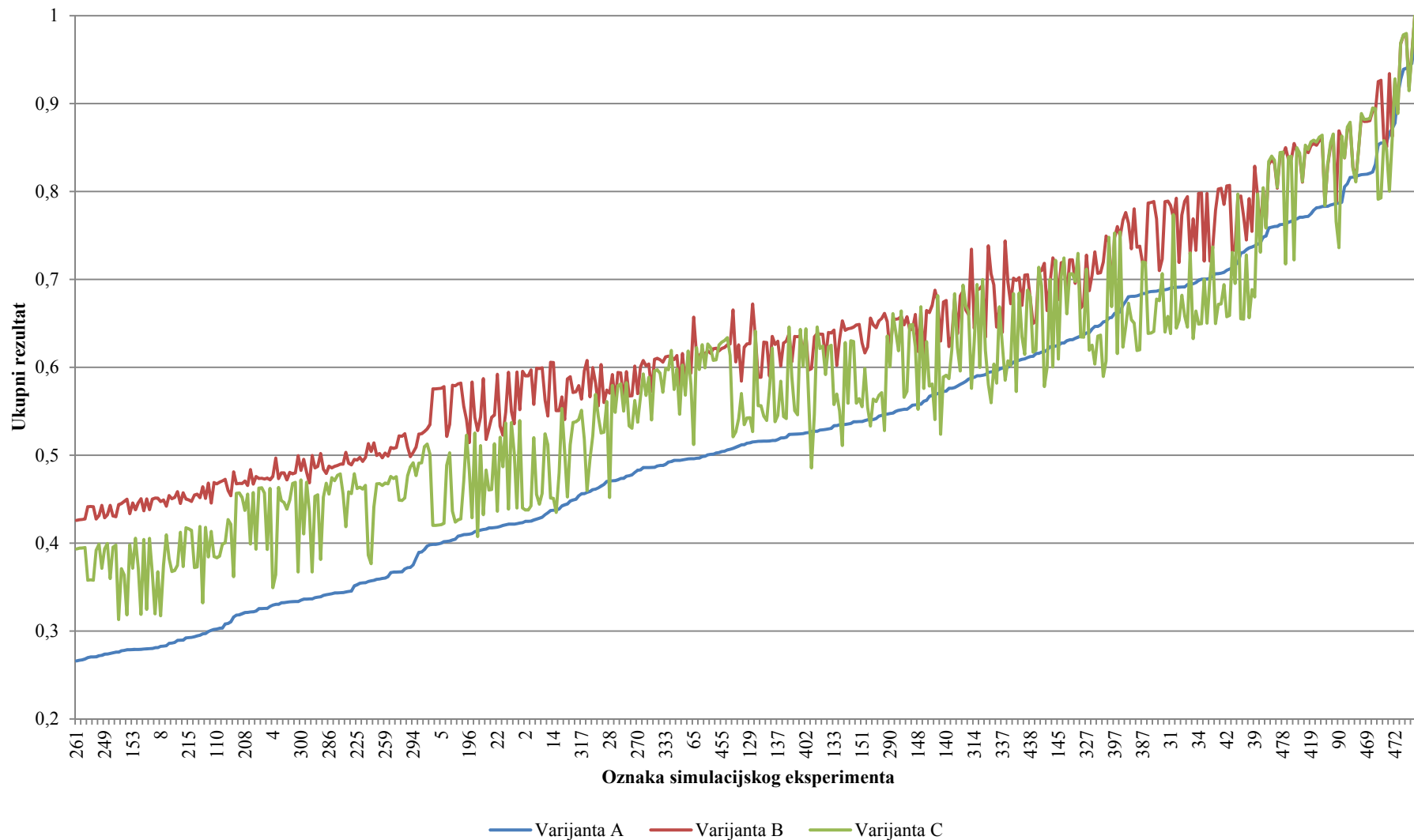


**Slika 5.6.** Usporedba rezultata varijante B novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama za potražnje tržišta od  $100 \pm 10$  i  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno

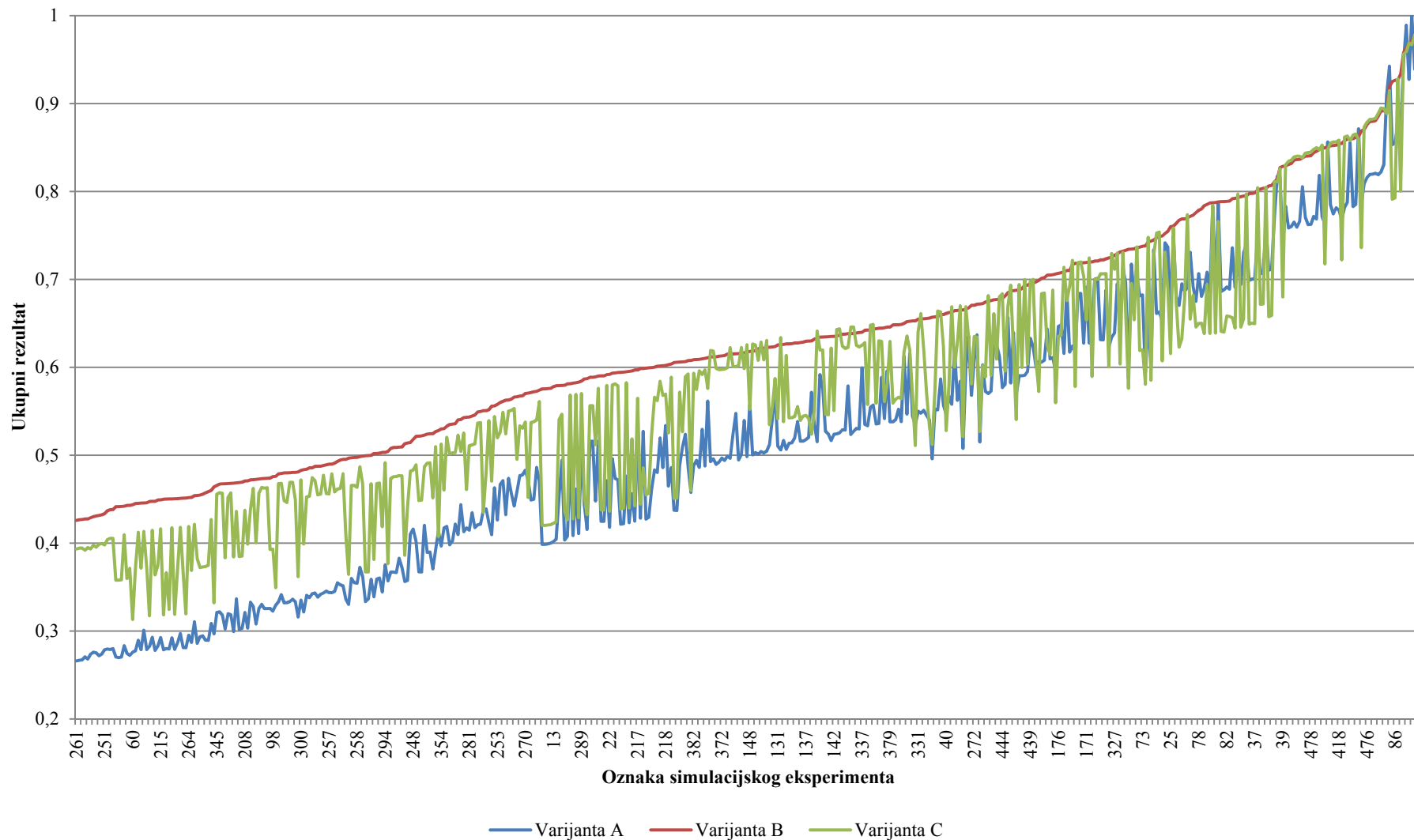


— Ukupni rezultat za 100±10    — Ukupni rezultati za 100±50

**Slika 5.7.** Usporedba rezultata varijante C novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama za potražnje tržišta od  $100 \pm 10$  i  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno

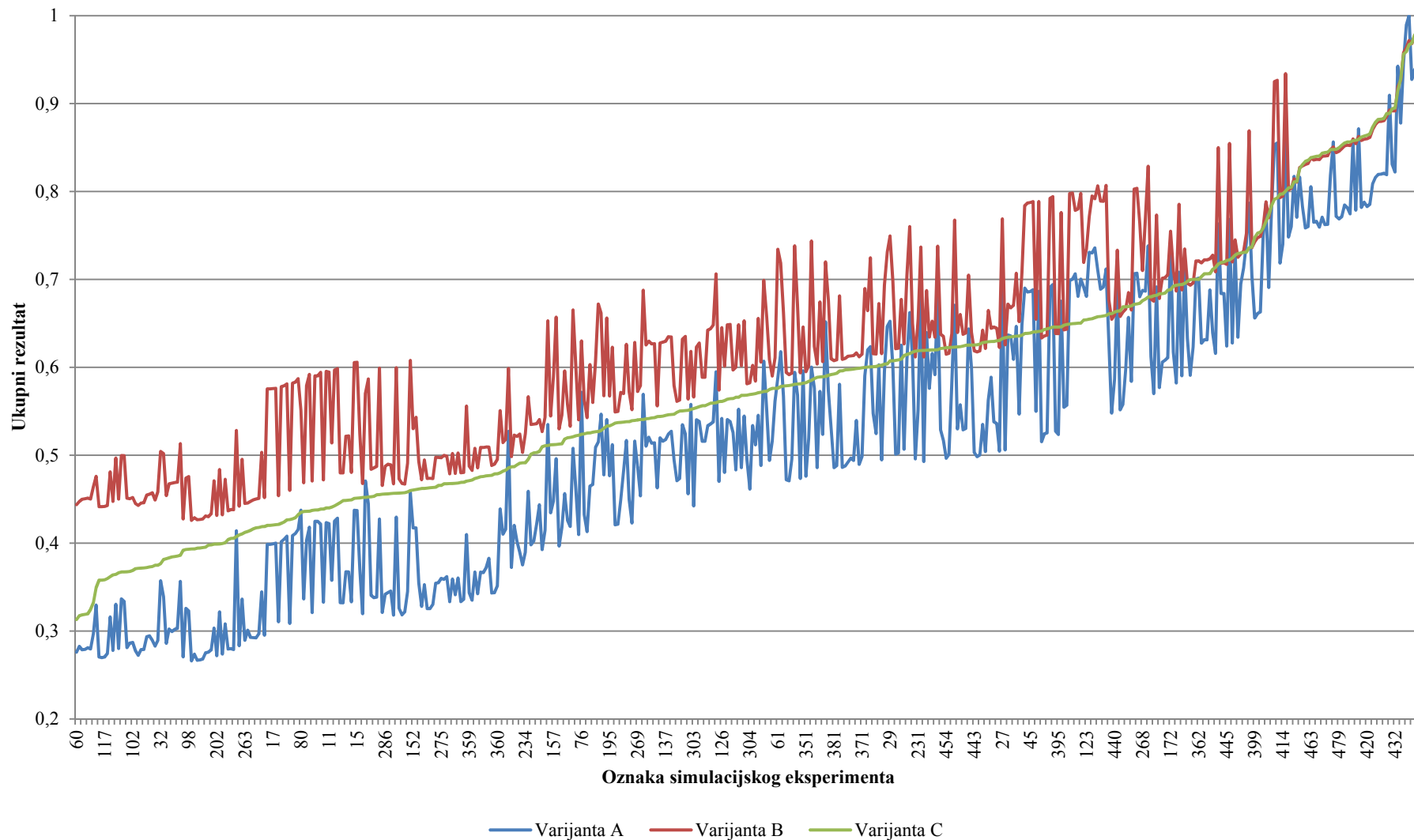


**Slika 5.8.** Usporedba rezultata novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama pri potražnji tržišta od  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno grupiranih po rastućim vrijednostima rezultata varijante A

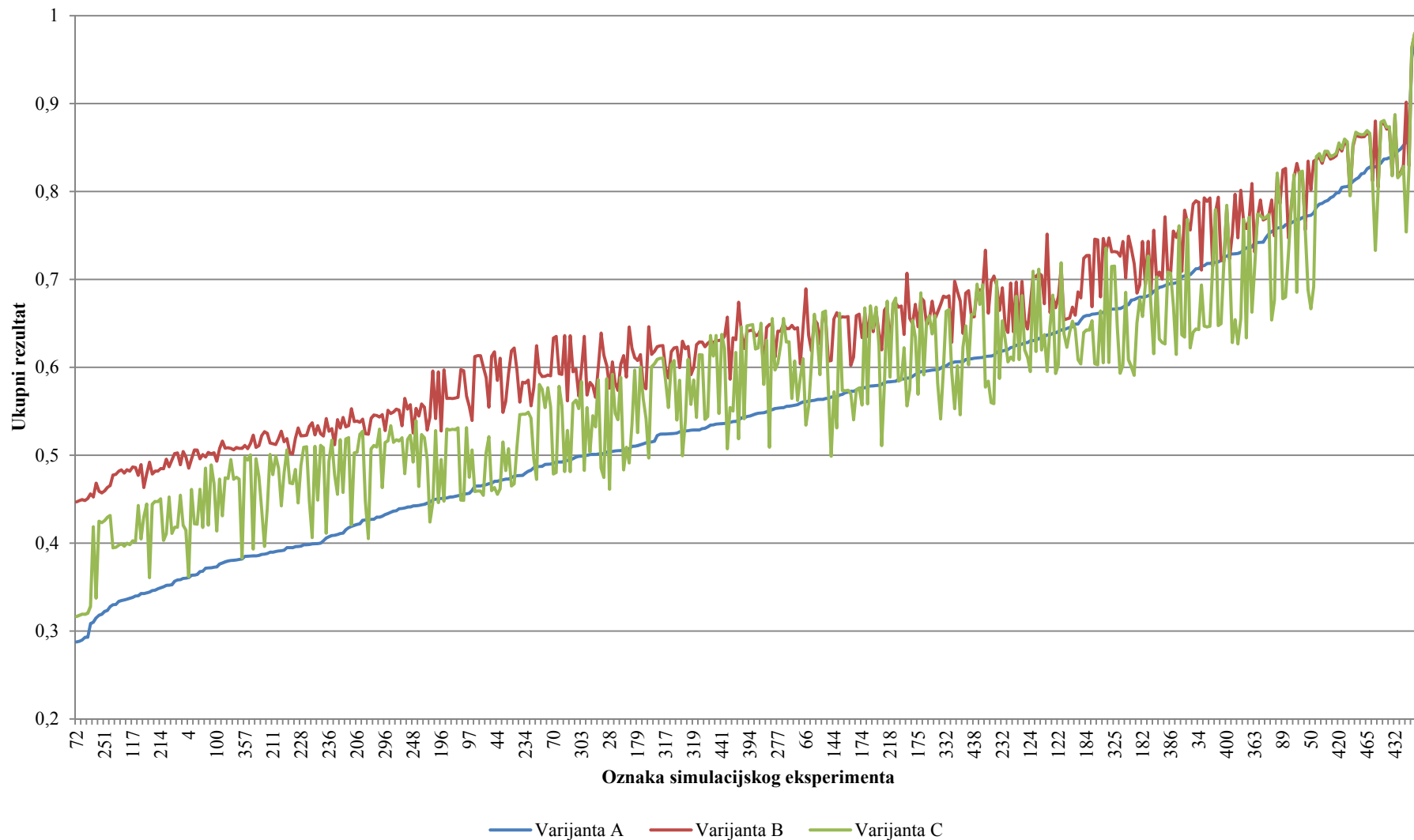


**Slika 5.9.** Usporedba rezultata novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama pri potražnji tržišta od  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno grupiranih po rastućim vrijednostima rezultata varijante B

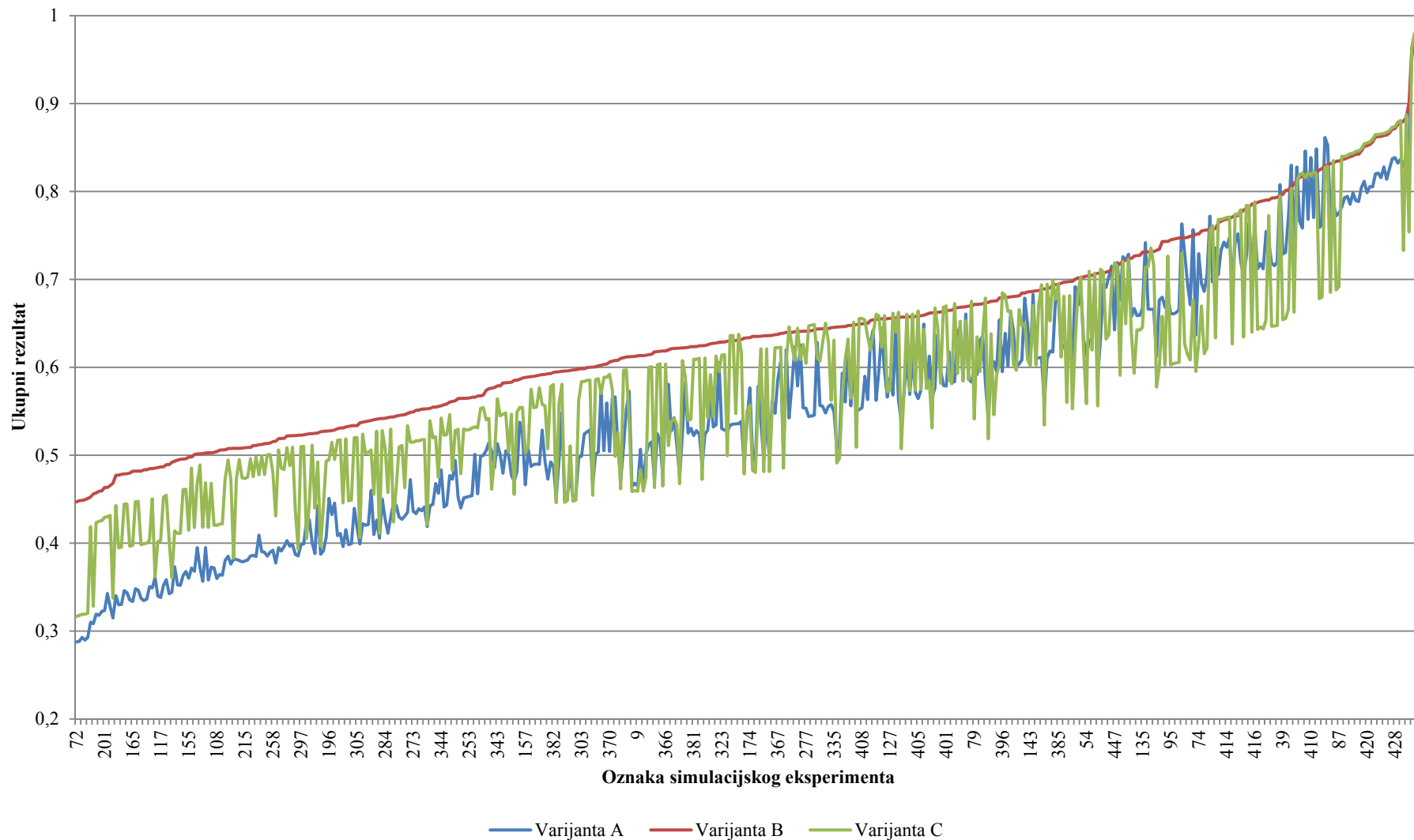




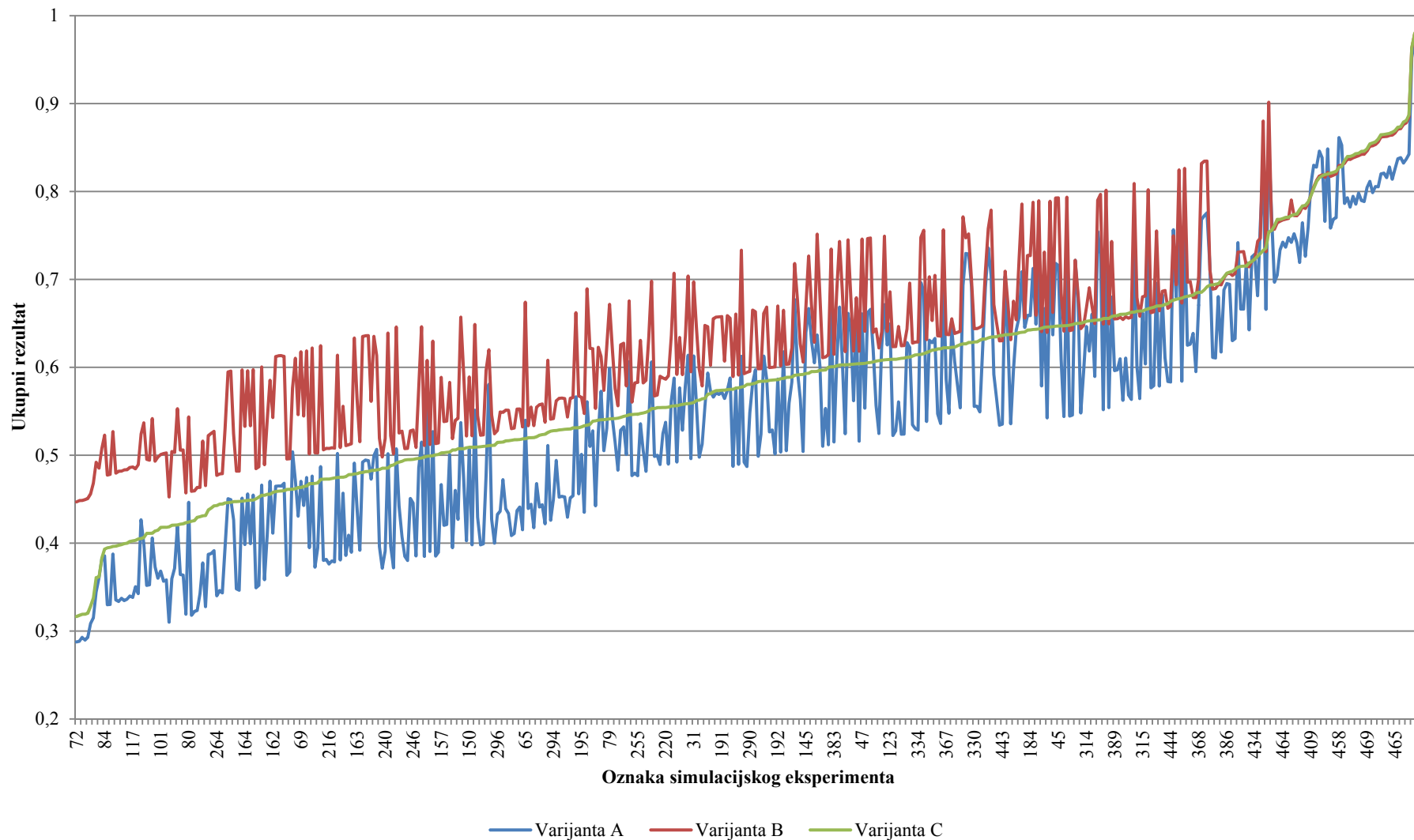
**Slika 5.10.** Usporedba rezultata novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama pri potražnji tržišta od  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno grupiranih po rastućim vrijednostima rezultata varijante C



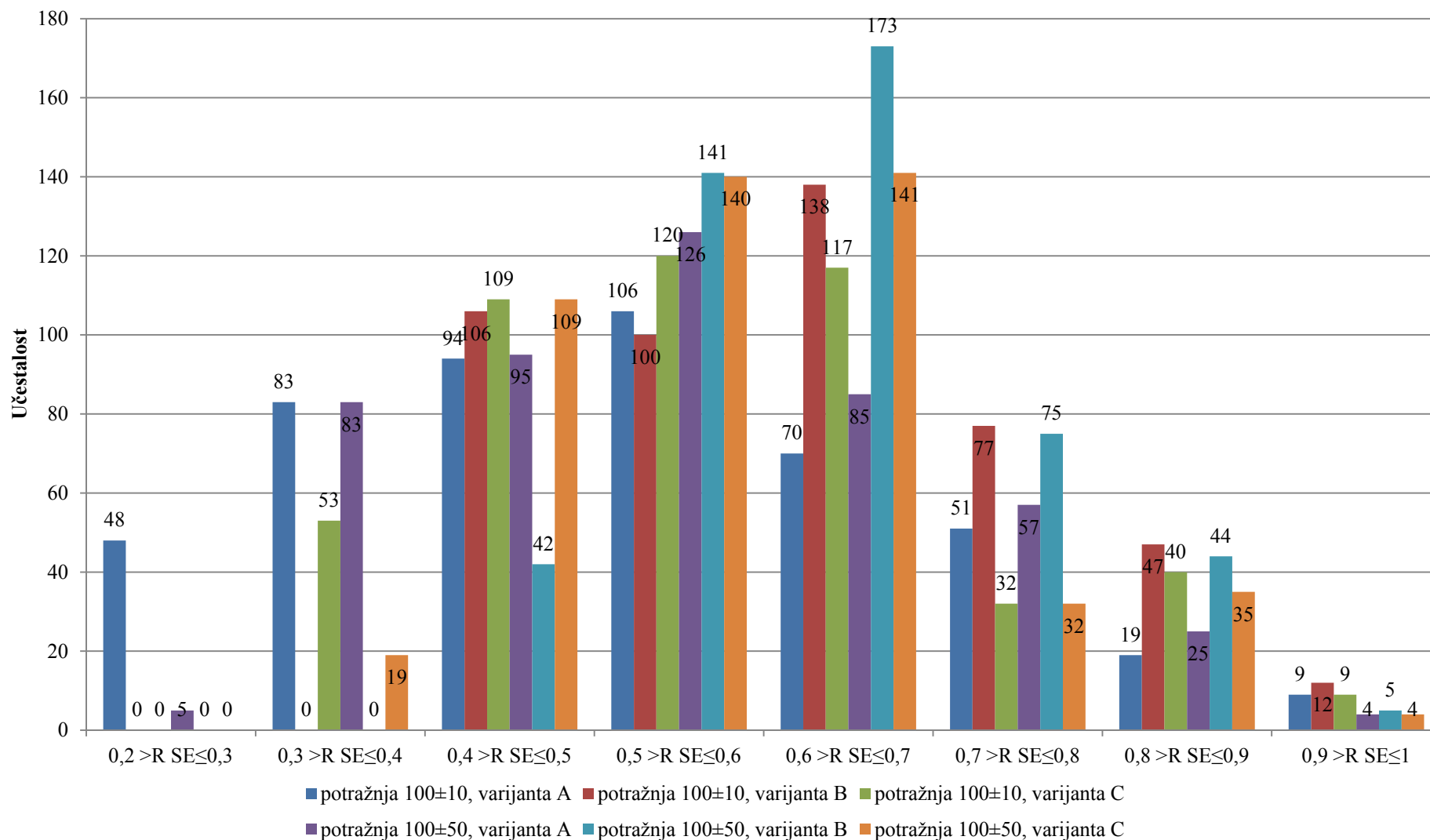
**Slika 5.11.** Usporedba rezultata novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama pri potražnji tržišta od  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno grupiranih po rastućim vrijednostima rezultata varijante A



**Slika 5.12.** Usporedba rezultata novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama pri potražnji tržišta od  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno grupiranih po rastućim vrijednostima rezultata varijante B



**Slika 5.13.** Usporedba rezultata novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama pri potražnji tržišta od  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno grupiranih po rastućim vrijednostima rezultata varijante C



**Slika 5.14.** Histogram rezultata simulacijskih eksperimenata (R SE) po sve tri varijante novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama i za oba stupnja kaotičnosti potražnje

#### 5. 4. Usporedba novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama s ostalim, relevantnim modelima upravljanja zalihama

U daljnjem tekstu dan je opis korištenih modela upravljanja zalihama zastupljenih u modernim poslovnim sustavima prema Simchi-Levi et al. [42] i Habek [152] te njihova usporedba s novorazvijenom metodom optimalnog upravljanja zalihama.

##### 5. 4. 1. Model ekonomične količine narudžbe

Ovaj pojednostavljeni model ponašanja realnog poslovnog sustava pokazuje odnose između cijena nabavljanja i čuvanja robe. Međutim, unatoč pojednostavljenjima, zaključci koji proizlaze iz analize ovakvog modela, pomažu poslovnim sustavima u realizaciji efikasne politike zaliha složenih, realnih problema. Modelom ekonomične količine narudžbe promatra se skladište koje ima redovite zahtjeve za isporukom proizvoda koji se dobavlja od poslovnog sustava s neograničenim kapacitetom dobave.

Model ekonomične količine narudžbe koristi slijedeće pretpostavke:

- potražnja je konstantna i iznosi D komada na dan,
- narudžbe skladišta prema dobavljaču su konstantne i iznose Q proizvoda po narudžbi,
- troškovi naručivanja su K novčanih jedinica,
- trošak držanja iznosi h svakodnevno po jednom proizvodu,
- dobava je trenutna, početne zalihe ne postoje a period planiranja je neograničen.

Modelom ekonomične količine narudžbe optimiziraju se veličine narudžbi, tako da troškovi sastavljeni od troškova naručivanja i troškova držanja zaliha budu minimalni, a da se u niti jednom trenutku ne pojavi manjak robe. Budući da se narudžba realizira trenutno, optimalna politika zaliha ovakvog modela pretpostavlja izdavanje narudžbe u trenutku kada zalihe padnu na nulu čime se smanjuju troškovi skladištenja.

Ekonomična količina narudžbe definirana je jednadžbom:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot K \cdot D}{h}}$$

Za model potražnje od  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno, prosječne potražnje 100 i model potražnje od  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno, prosječne potražnje 100,002:

$$Q_{100 \pm 10}^* = \sqrt{\frac{2 \cdot 30 \cdot 100}{0,03}} = 447,21 \text{ odnosno, } Q_{100 \pm 50}^* = \sqrt{\frac{2 \cdot 30 \cdot 100,002}{0,03}} = 447,22$$

Temeljem izračunatih vrijednosti ekonomične količine narudžbe i poznate prosječne dnevne potražnje, izračunom se dobiva  $447,21/100 = 4,47$  odnosno, s ciljem postizanja najnižih troškova naručivanja i držanja, po modelu ekonomične količine narudžbe je potrebno dobavljati

proizvode svaka četiri dana što u promatranom periodu od 1000 dana bi rezultiralo s oko 250 dobava. Iz simulacijskih eksperimenata, a za uvjet najnižih ukupnih troškova naručivanja i držanja zaliha utvrđeni su pokazatelji vidljivi u tablicama 5.25 pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno i 5.26 pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno.

**Tablica 5.25.** Simulacijski eksperimenti s najnižim ukupnim troškovima naručivanja i držanja zaliha pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno

Oznaka SE	Takt dobave	Vrsta PZPT	Sink. BL RV	PZPT	MVN	s razina	S razina	Q=S-s	Pros. dn. zaliha	Br. dobava	Uk. tr. naruč. + drž.
337	5	po proizv.	da ne	80%	1	429	847	418	192,27	166	10748,10
338	5	po proizv.	da ne	80%	50	410	859	449	192,92	166	10767,60
244	3	po proizv.	da ne	80%	200	214	613	399	163,01	197	1080,30
339	5	po proizv.	da ne	80%	100	498	899	401	197,34	164	10840,20
340	5	po proizv.	da ne	80%	200	504	905	401	203,48	162	10964,40
267	3	po proizv.	ne ne	80%	100	232	801	569	223,58	142	10967,40
265	3	po proizv.	ne ne	80%	1	222	726	504	223,97	142	10979,10
266	3	po proizv.	ne ne	80%	50	220	751	531	224,21	142	10986,30
349	5	po proizv.	da da	80%	1	596	988	392	203,27	167	11108,10
268	3	po proizv.	ne ne	80%	200	225	808	583	229,68	142	11150,40

Iz tablica je vidljivo da se najniži troškovi utvrđuju za simulacijske eksperimente s taktom dobave od tri i pet radnih dana a standardne dobavne količine se kreću u granicama od 392 do 583 proizvoda pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno, te od 255 do 595 proizvoda pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno što predstavlja značajno odstupanje od 447 proizvoda koliko je utvrđeno jednadžbom modela ekonomične količine narudžbe.

**Tablica 5.26.** Simulacijski eksperimenti s najnižim ukupnim troškovima naručivanja i držanja zaliha pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno

Oznaka SE	Takt dobave	Vrsta PZPT	Sink. BL RV	PZPT	MVN	s razina	S razina	Q=S-s	Pros. dn. zaliha	Br. dobava	Uk. tr. naruč. + drž.
339	5	po proizv.	7 ne	80%	100	485	900	415	202,12	163	10953,60
244	3	po proizv.	7 ne	80%	200	255	654	399	168,56	197	10966,80
338	5	po proizv.	7 ne	80%	50	535	871	336	199,8	166	10974,00
337	5	po proizv.	7 ne	80%	1	532	848	316	200,71	166	1101,30
265	3	po proizv.	5 ne	80%	1	286	797	511	231,59	139	11117,70
267	3	po proizv.	5 ne	80%	100	269	848	579	238,92	133	11157,60
266	3	po proizv.	5 ne	80%	50	291	818	527	230,15	142	11164,50
268	3	po proizv.	5 ne	80%	200	273	868	595	241,46	133	11233,80
340	5	po proizv.	7 ne	80%	200	524	921	397	212,85	164	11305,50
242	3	po proizv.	7 ne	80%	50	305	560	255	140,99	244	11549,70

Navedeni rezultati simulacijskih eksperimenata pokazuju da su navedeni najniži troškovi utvrđeni uz mjerenje postotka zadovoljenja potražnje tržišta po broju izravno isporučenih proizvoda u visini od 80% što je izravno suprotno modelu ekonomične količine narudžbe koje podrazumijeva da se nedostatak proizvoda nikada ne pojavljuje.

Kao što je navedeno, model ekonomična količina narudžbe pokazuje značajna ograničenja u realnom upravljanju zalihama poslovnih sustava.

#### 5. 4. 2. Stalne zalihe kod (R, s, S) modela upravljanja zalihama

U realnoj situaciji svaki učesnik distribucijskog lanca ima potrebu da u svakom trenutku posjeduje određene zalihe robe. Prema Chopra i Meindl [153] i Simchi-Levi et al. [42] kod modela upravljanja zalihama s periodičnim provjerama i nadopunom nakon provjere koja je utvrdila razinu zaliha manju od razine ponovnog naručivanja - (R, s S) model, karakteristične razine se analitički određuju putem izraza:

$$s = D * (L + R) + z(\text{PZPT}) * \sigma * \sqrt{L + R}$$

$$S = \text{MAX}\{D, D * (L + R)\} + z(\text{PZPT}) * \sigma * \sqrt{L + R}$$

Pri čemu je:

- D - prosječna potražnja
- L - takt dobave
- R - period provjere zaliha
- z (PZPT) - koeficijent raspoloživosti zaliha uvjetovan PZPT
- $\sigma$  - standardna devijacija potražnje
- $\text{MAX}\{D, D * (L + R)\}$  - veća vrijednost od D ili  $D * (L + R)$

Sa slike 5.15 vidljiva su odstupanja karakterističnih razina sustava upravljanja zalihama određenih simulacijskim eksperimentima i analitički pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno. Od 480 simulacijskih eksperimenata, odstupanja veća od 5% su utvrđena u njih 447 ili 93,12% kod razine ponovnog naručivanja, a u 427 ili 88,96% eksperimenata kod razine nadopunjavanja. Prosječno odstupanje razina ponovnog naručivanja iznosi 177%, a razina nadopunjavanja 24%.

Sa slike 5.16 vidljiva su odstupanja karakterističnih razina sustava upravljanja zalihama određenih simulacijskim eksperimentima i analitički pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno. Od 480 simulacijskih eksperimenata, odstupanja veća od 5% su utvrđena u njih 443 ili 92,29% kod razine ponovnog naručivanja, a u 422 ili 87,92% eksperimenata kod razine nadopunjavanja. Prosječno odstupanje razina ponovnog naručivanja iznosi 65%, a razina nadopunjavanja 24%.

Odstupanja standardnih dobavnih količina pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno vidljivo je na slici 5.17, a za  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno na slici 5.18. Prosječno odstupanje standardnih dobavnih količina od simulacijskim eksperimentom utvrđenih vrijednosti iznosi 31,16% pri potražnji  $100 \pm 10$  odnosno, 101,43% pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno.

Kao što je vidljivo, analitički utvrđene karakteristične razine zaliha kod modela upravljanja zalihama s periodičnim provjerama i nadopunom nakon provjere koja je utvrdila razinu zaliha manju od razine ponovnog naručivanja određene su na osnovi prosječne dnevne potražnje, takta dobave, perioda provjere razina zaliha, koeficijenta raspoloživosti zaliha u zavisnosti od ciljanog postotka zadovoljavanja potreba tržišta i standardne devijacije potražnje ali kako je vidljivo iz simulacijskih eksperimenata, navedeni čimbenici i dalje nisu dovoljni za određivanje točnih karakterističnih razina zaliha kod ovog modela upravljanja zalihama. Ovim postupkom utvrđene karakteristične razine zaliha ništa ne govore o ostalim čimbenicima upravljanja zalihama poput troškova, broja dobava, prosječnoj veličini dobava ili prosječnoj razini zaliha.



Oslanjanje na ovako utvrđene razine često bi uzrokovalo nedovoljne ili prekomjerne zalihe odnosno, u duljem vremenskom periodu značajne troškove nastale suboptimalnim i nedovoljno detaljnim upravljanjem zalihama u promatranom poslovnom sustavu ali i dobavljačkom lancu u cijelosti. Usporedba karakteristika analitički utvrđenih karakterističnih razina zaliha prema [42] i [153] i novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama prikazana je u tablici 5.27.

### 5. 4. 3. Dinamički modeli upravljanja zalihama

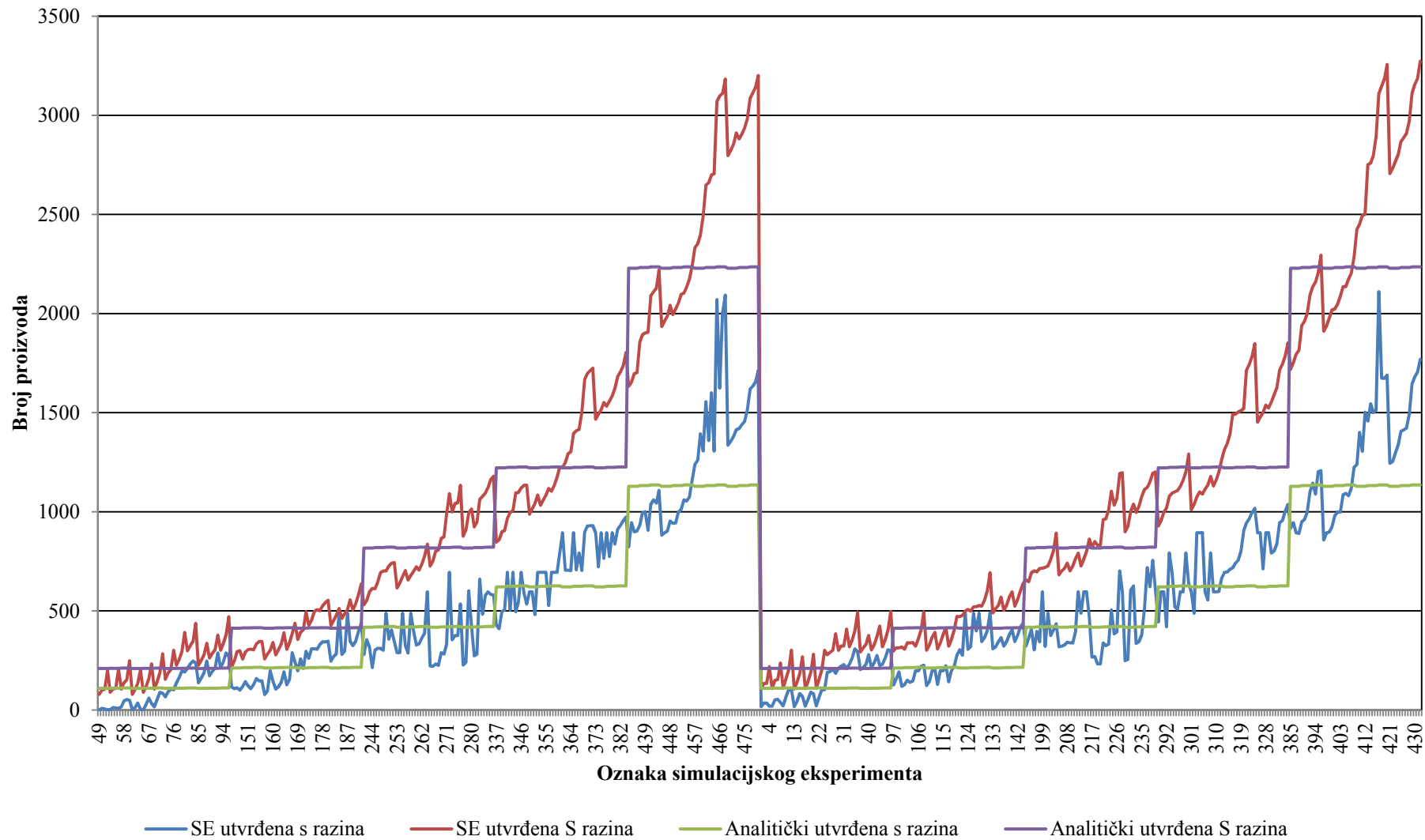
Primjena ove grupe modela upravljanja zalihama zahtijeva određivanje perioda za koji se vrši planiranje dobava i podjelu tog perioda na određeni broj jednakih vremenskih intervala. Veličina dobava se zasniva na minimalnim ukupnim troškovima nabavke i držanja zaliha, a sam postupak određivanja veličina dobave je iterativni postupak pri čemu prva iteracija obuhvaća samo prvi, a svaka slijedeća iteracija obuhvaća po jedan novi period.

#### 5. 4. 3. 1. Wagner-Whitinov algoritam upravljanja zalihama

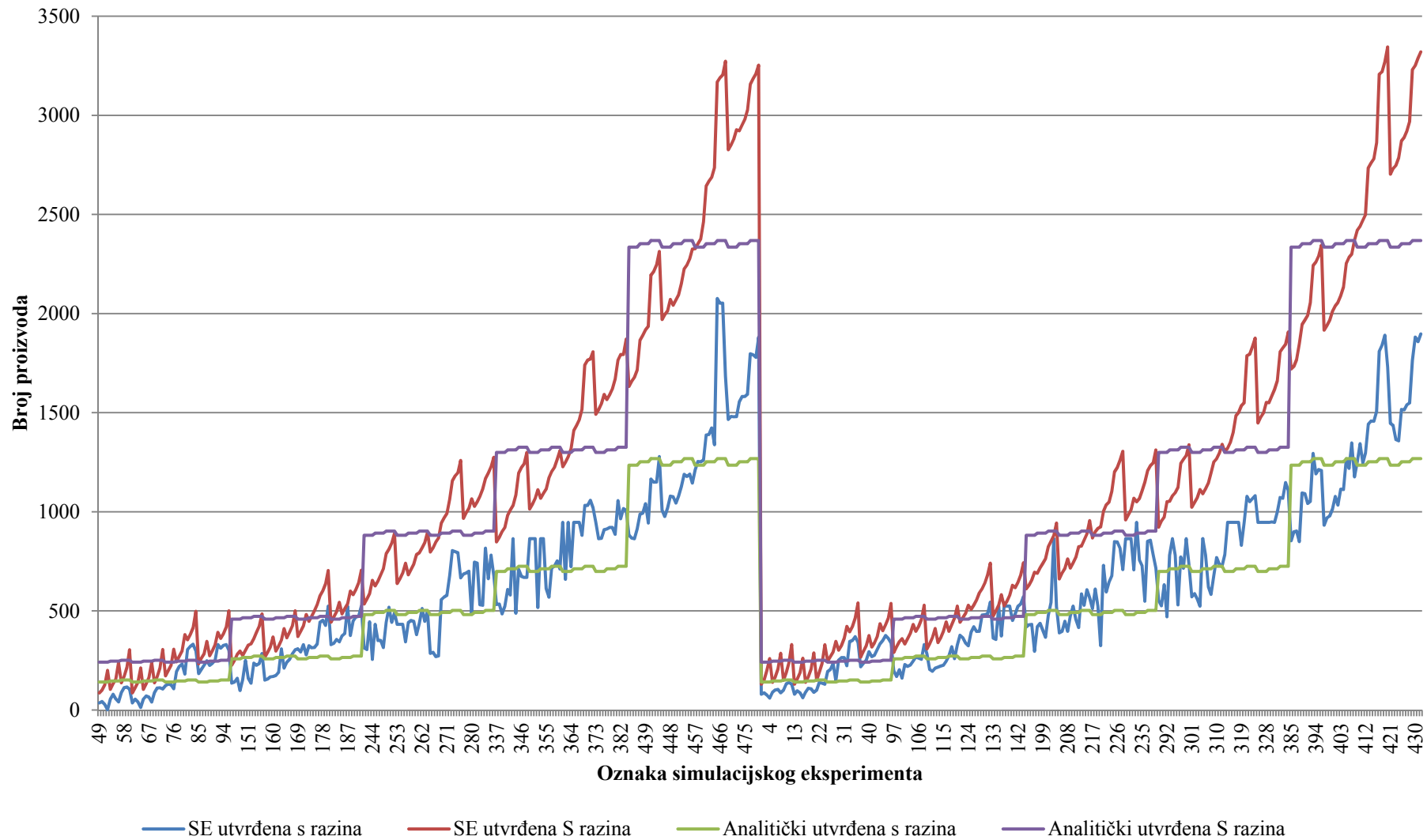
Wagner-Whitinov algoritam [154] određuje optimalne dobave s ciljem smanjenja ukupnih troškova nabavke i skladištenja na način da ispituje sve moguće kombinacije dobava pojedinačnih perioda unutar zadanog ukupnog perioda. Za njegovu primjenu nužno je odrediti:

- period za koji se vrši planiranje nabavke,
- broj vremenskih intervala na koje se dijeli period planiranja upravljanja zalihama,
- troškove prijevoza, naručivanja i držanja.

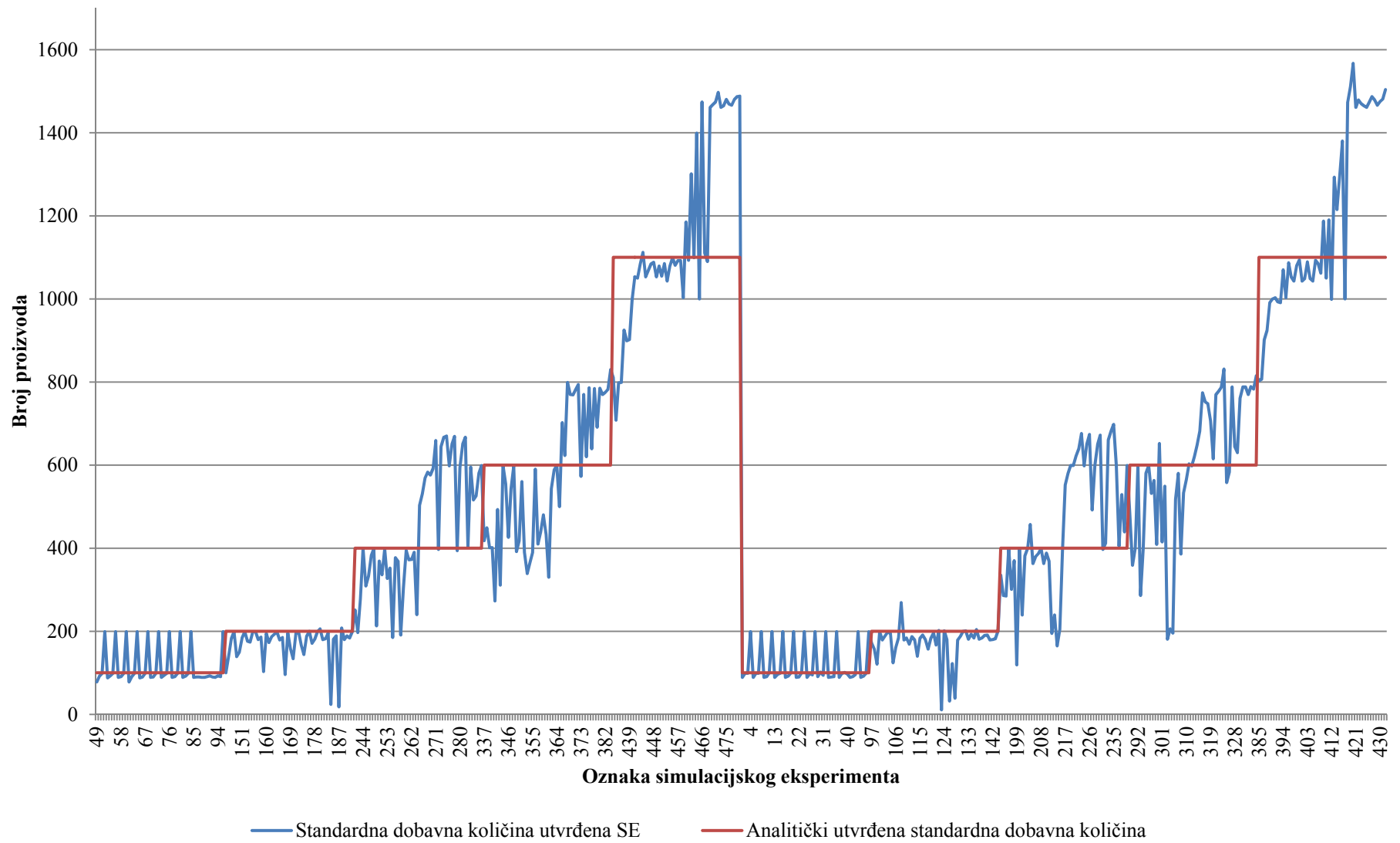
Nakon određivanja ovih veličina, iterativnim postupkom se određuju ukupni troškovi za različite planove nabavki s time da se proračun započinje s postavkom da se u svakom periodu vrši dobava robe. U slijedećim iteracijama se provjera da li grupiranje narudžbi za prvi i drugi period rezultira smanjenjem troškova, ako da, radi se novi plan narudžbe. Postupak se dalje nastavlja za prva tri perioda i tako sve dok ne dođe do povećanja ukupnih troškova odnosno, do slučaja da su troškovi grupiranih narudžbi veći od ukupnih troškova pojedinačnih narudžbi za slijedeći period. Značajna negativna strana Wagner-Whitinovog algoritma upravljanja zalihama je visoka razina permutacija za koje se utvrđuju ukupni troškovi s ciljem određivanja najnižih troškova u cijelom promatranom periodu. Kao što je vidljivo, Wagner-Whitinov algoritam upravljanja zalihama optimizira isključivo troškove u zavisnosti od termina narudžbi te ispušta iz analize brojne bitne čimbenike upravljanja zalihama. Usporedba karakteristika Wagner-Whitinovog algoritma upravljanja zalihama i novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama prikazana je u tablici 5.27.



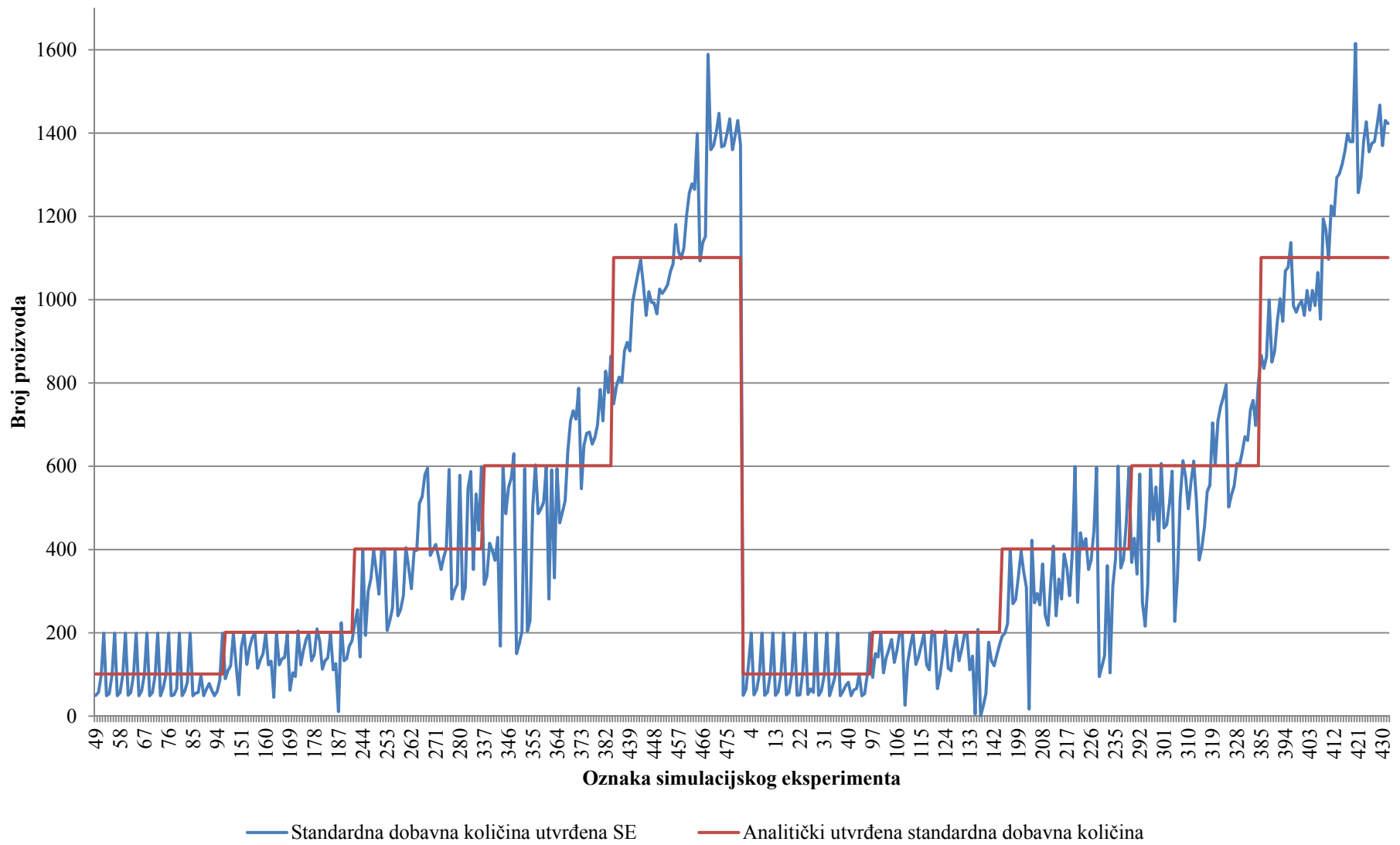
**Slika 5.15.** Odstupanja karakterističnih razina sustava upravljanja zalihama određenih simulacijskim eksperimentima i analitički pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno



**Slika 5.16.** Odstupanja karakterističnih razina sustava upravljanja zalihama određenih simulacijskim eksperimentima i analitički pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno



**Slika 5.17.** Odstupanja standardne dobavne količine D pri potražnji  $100 \pm 10$  proizvoda dnevno



**Slika 5.18.** Odstupanja standardne dobavne količine  $Q$  pri potražnji  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno

### 5. 4. 3. 2. Minimalni jedinični troškovi nabavke i skladištenja

Metoda minimalnih jediničnih troškova nabavke i skladištenja (MJTNS, eng. *Least Unit Cost*) izračunava troškova nabavke i držanja po proizvodu. Izraz kojim se određuju jedinični troškovi nabavke i skladištenja glasi:

$$C_{ns} = \frac{C_n + C_z \cdot \sum_{i=1}^j t_i \cdot Q_i}{\sum_{i=1}^j Q_i}$$

Pri čemu je:

- $C_n$  – ukupni troškovi naručivanja,
- $C_{ns}$  – ukupni troškovi prijevoza,
- $C_z$  – ukupni troškovi držanja zaliha,
- $t_i$  – vrijeme koje zalihe provedu na skladištu,
- $Q_i$  – količina potrebna za  $i$ -ti period.

Ovim iterativnim postupkom prvo se pretpostavlja da se najniži troškovi nabavke i držanja zaliha postižu ako se nabavi potrebna količina za prvi period. Nakon izračunavanja tih jediničnih troškova, pretpostavlja se da će se niži jedinični troškovi dobiti naručivanjem potreba za prva dva perioda. Ukoliko se dobiju niži troškovi, pretpostavljaju se još niži troškovi mogu ostvariti ukoliko se naruče potrebne količine i za slijedeći period. Ukoliko se dobiju viši troškovi, prethodni plan ostvaruje najniže jedinične troškove te se naručuje utvrđena količina proizvoda. Kao što je vidljivo, metoda minimalnih jediničnih troškova nabavke i skladištenja optimizira isključivo troškove u zavisnosti od veličina narudžbi te ispušta iz analize brojne druge čimbenike upravljanja zalihama. Usporedba karakteristika metoda minimalnih jediničnih troškova nabavke i skladištenja i novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama prikazana je u tablici 5.27.

**Tablica 5.27.** Usporedni prikaz karakteristika sustava upravljanja zalihama postojećih metoda i algoritama s novorazvijenom integralnom metodom optimalnog upravljanja zalihama

Karakteristika sustava upravljanja zalihama	EOQ model	Stalne zalihe za (R, s, S) model	Wagner Whitinov algoritam	Metoda MJTNS	Novorazvijena integralna metoda
Prilagođen za konstantnu potražnju	✓	✓	✓	✓	✓
Prilagođen za promjenjivu potražnju	ne	✓	✓	✓	✓
Veličina promatranog perioda	ne	✓	✓	✓	✓
Period provjere zaliha	ne	✓	✓	✓	✓
Jedinični tr. držanja pr.	✓	ne	✓	✓	✓
Jedinični tr. naručivanja	✓	ne	✓	✓	✓
Jedinični tr. prijevoza	ne	ne	✓	✓	✓
Ne prati se nedostatak traženih pr.	✓	✓	✓	ne	✓
Takt dobave pr.	ne	✓	✓	ne	✓
Prosječnu veličinu potražnje	ne	✓	ne	ne	✓
Koeficijent raspoloživosti zaliha z	ne	✓	ne	ne	✓
PZPT	ne	✓	ne	ne	✓

Karakteristika sustava upravljanja zalihama	EOQ model	Stalne zalihe za (R, s, S) model	Wagner Whitinov algoritam	Metoda MJTNS	Novorazvijena integralna metoda
Standardnu devijaciju potražnje	ne	✓	ne	ne	✓
BL	ne	ne	ne	ne	✓
Standardna devijacija dobava	ne	ne	ne	ne	✓
Karakteristične s i S razine	ne	✓	ne	ne	✓
Standardnu količinu dobave D	ne	✓	ne	ne	✓
Broj dobavljenih pr.	ne	ne	ne	ne	✓
Broj naknadno dobavljenih pr.	ne	ne	ne	ne	✓
Broj neisporučenih pr.	ne	ne	ne	ne	✓
Jedinični tr. nedostatka pr.	ne	ne	ne	ne	✓
Jedinični tr. prijevoza po pr.	ne	ne	ne	ne	✓
Jedinični tr. prijevoza po pr. vezan za takt dobave	ne	ne	ne	ne	✓
Jedinični tr. prijevoza vezan za takt dobave	ne	ne	ne	ne	✓
Koeficijent efekta biča	ne	ne	ne	ne	✓
MAX broj dobava	ne	ne	ne	ne	✓
MAX broj neisporučenih pr.	ne	ne	ne	ne	✓
MAX koeficijent efekta biča	ne	ne	ne	ne	✓
MAX ukupan broj BL pr.	ne	ne	ne	ne	✓
MAX ukupan tr. bez popusta	ne	ne	ne	ne	✓
MAX ukupan tr. s popustima	ne	ne	ne	ne	✓
MAX prosječnu dnevnu razinu zaliha	ne	ne	ne	ne	✓
MAX veličinu dobave	ne	ne	ne	ne	✓
MIN veličina narudžbe	ne	ne	ne	ne	✓
MIN i MAX veličinu dobava	ne	ne	ne	ne	✓
Potreban broj dobava	ne	ne	ne	ne	✓
Propuštena prodaja	ne	ne	ne	ne	✓
Prosječna dnevna razina zaliha	ne	ne	ne	ne	✓
Prosječnu veličinu dobava	ne	ne	ne	ne	✓
Rabat za učestalost naručivanja vezan za takt dobave	ne	ne	ne	ne	✓
Rizik naknadne dobave prvotno neisporučenih pr.	ne	ne	ne	ne	✓
Sinkroniziranost radnog vremena	ne	ne	ne	ne	✓
Stvarni PZPT	ne	ne	ne	ne	✓
Stvarnu min i stvarnu max razinu zaliha	ne	ne	ne	ne	✓
Termine dobava pr.	ne	ne	ne	ne	✓
Termine izdavanja narudžbi	ne	ne	ne	ne	✓
Troškovi sustava upravljanja zalihama bez popusta	ne	ne	ne	ne	✓
Troškovi sustava upravljanja zalihama s popustima	ne	ne	ne	ne	✓
Ukupnu potražnju za proizvodima	ne	ne	ne	ne	✓
Varijancu dobava	ne	ne	ne	ne	✓
Varijancu potražnje	ne	ne	ne	ne	✓

## 6. ZAKLJUČAK

Optimalno upravljanje zalihama od iznimne je važnosti za efikasnost poslovanja svakog poslovnog sustava koji posluje sa zalihama. Optimizacija upravljanja zalihama je predmet mnogih znanstvenih i praktičnih istraživanja, a prepoznavanje i obuhvaćanje čim većeg broja utjecajnih čimbenika upravljanja zalihama je predmet mnogih modernih znanstvenih istraživanja. Složenost međuzavisnosti čimbenika upravljanja zalihama uvjetuje kontinuirani razvoj istraživanja upravljanja zalihama istovremeno s razvojem svakog od aspekata upravljanja zalihama poput bržeg, pouzdanijeg i ekonomičnijeg transporta, brže razmjene poslovnih informacija, povećanjem upotrebe informatičkih tehnologija u poslovanju i sl.

Moderan pristup upravljanju zalihama postavlja dva glavna zahtjeva: zadovoljavanje potreba tržišta kao prioritet poslovanja odnosno, zadovoljavanje čim većeg postotka potražnje tržišta te istovremeno smanjenje razina zaliha u korelaciji sa smanjenjem troškova, a sve uz nepoznatu i promjenjivu potražnju za proizvodima.

Sustavnim pregledom i proučavanjem relevantne znanstvene literature, utvrđeno je da su brojni autori istraživali probleme upravljanja zalihama dobavljačkih lanaca, ali razina kompleksnosti, broj utjecajnih čimbenika i sama kvantifikacija utjecajnih čimbenika na optimalno upravljanje zalihama dobavljačkih lanaca još uvijek nije dovoljno istražena. Većina modela upravljanja zalihama stavlja u fokus istraživanja troškove vezane za zalihe što je samo jedan od čimbenika optimalnog upravljanja zalihama modernih poslovnih sustava. Upravo obuhvaćanje većeg broja utjecajnih čimbenika upravljanja zalihama poslovnih sustava koji posluju unutar dobavljačkih lanaca i analitičko određivanje odnosa među svakim od njih predstavlja osnovu za sustavno i znanstveno proučavanje utjecaja čimbenika na rezultate poslovanje poslovnih sustava s aspekta upravljanja zalihama.

Iz tog razloga se u ovom doktorskom radu istražilo i analiziralo elemente sustava upravljanja zalihama, njihove pozitivne i negativne posljedice kao i područja njihovog utjecaja. Prikazan je cjelovit teorijski prikaz utjecajnih čimbenika sustava upravljanja zalihama, modela upravljanja zalihama i razvijena metoda optimalnog upravljanja zalihama unutar danih



ograničenja promatranog dobavljačkog lanca, a sve za (R, s, S) sustave upravljanja zalihama koji su prepoznati kao optimalni i najzastupljeniji u modernim poslovnim sustavima.

Zaključno, izvršila se sinteza tih saznanja i formirala praktično primjenjiva, znanstveno utemeljena metoda izbora optimalnog sustava upravljanja zalihama u ovisnosti o uvjetima suradnje promatranog poslovnog sustava i ostalih učesnika dobavljačkog lanca čime je u ovom radu dan znanstveni doprinos u vidu razvoja nove metode optimalnog upravljanja složenim sustavima zaliha unutar dobavljačkih lanaca. Novorazvijena integralna metoda u odabiru optimalnih rezultata sustava upravljanja zalihama koristi pokazatelje potrebnog broja dobava, prosječne veličine dobave, prosječne razine zaliha, efekta biča, rizika od naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda, te ukupnih troškova s ili bez popusta koji predstavljaju zbroj sve četiri grupe troškova priznate znanstvenom i stručnom literaturom odnosno, troškove naručivanja, troškove držanja zaliha, troškove prijevoza i troškove nedostatka proizvoda.

Rezultati ovako opsežnog istraživanja i novorazvijena integralna metoda optimalnog upravljanja zalihama su primjenjivi u poslovnim sustavima koji posluju u sklopu dobavljačkih lanaca i koji posjeduju razvijenu informatičku podršku poslovanju nužnu za praćenje i usklađivanje čimbenika upravljanja zaliha. Nova metoda omogućuje vlasnicima i upravi poslovnih sustava, da uz analizu uvjeta poslovanja izaberu postavke sustava upravljanja zalihama kao sredstvo za unaprjeđenje poslovanja promatranog poslovnog sustava, ali i dobavljačkog lanca u cijelosti.

## LITERATURA

- [1] Brewer A., Button K., Hensher D., *Handbook of logistics and supply-chain management*, Amsterdam, Pergamon, 2001.
- [2] Sterman J., *Business dynamics: Systems thinking and modelling for a complex world*, Boston, McGraw-Hill, 2000.
- [3] Heizer, J., Render, B., *Operations Management*, seventh edition, Prentice Hall, 2004.
- [4] Raman, A., DeHoratius, N., Ton, Z., *Execution: The Missing Link in Retail Operations*, California Management Review, 43 (3), 136-141, 2001.
- [5] Chen F., Drezner Z., Ryan J., Simchi-Levi D., *Quantifying the bullwhip effect in a simple supply chain: The impact of forecasting, lead times, and information*, Manage Science, 46:436-443, 2000
- [6] Chen F., Ryan J., Simchi-Levi D., *The impact of exponential smoothing forecasts on the bullwhip effect*, Naval Research Logistics, 47(4), 269-286, 2000
- [7] Dejonckheere J., Disney S., Lambrecht M., Towill D., *Transfer function analysis of forecasting induced bullwhip in supply chains*, International Journal of Production Economics, 78, 133-144, 2002
- [8] Dejonckheere J, Disney S., Lambrecht M., Towill D., *Measuring and avoiding the bullwhip effect: A control theoretic approach*, European Journal of Operational Research, 147, 567-590, 2003
- [9] Fransoo, J., Wouters, M., *Measuring the bullwhip effect in the supply chain*, Supply Chain Management: An International Journal 5 (2), 78–89, 2000
- [10] Ouyang Y., Daganzo C., *Counteracting the bullwhip effect with decentralized negotiations and advance demand information*, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 363, 14-23, 2006
- [11] Forrester, J., *Industrial dynamics, a major breakthrough for decision makers*, Harvard Business Review 36, 37–66, 1958.

- [12] Lee, H., Padhamanabhan, V., Whang, S., *Information distortion in supply chain: the bullwhip effect*, Management Science 43 (4), 546–558, 1997a.
- [13] Lee, H., Padhamanabhan, V., Whang, S., *The bullwhip effect in supply chains*, Sloan Management Review 38, 93–102, 1997b
- [14] Kahn, J., *Inventories and the volatility of production*, The American Economic Review 77, 667–679, 1987.
- [15] Soh C., Kien S., Tay-Yap J., *Enterprise resource planning: Cultural fits and misfits: Is ERP a universal solution?*, Communications of the ACM, 43, 47-51, 2000.
- [16] Jacobs F., Bendoly E., *Enterprise resource planning: Developments and directions for operations management research*, European Journal of Operational Research, 146, 233-240, 2003.
- [17] Grabot B., Botta-Genoulaz V., *Current trends in ERP implementation and utilisation*. Computers in Industry, 56 (6), 507-622, 2005.
- [18] Ushio T., Ueda H., Hirai K., *Control of chaos in switched arrival systems with N buffers*, Electronics and Communications in Japan Part 3, 83, 81-86, 2000
- [19] Rem B., Armbruster D., *Control and synchronization in switched arrival systems*, Chaos, 13, 128-137, 2003
- [20] Peters K., Parlitz U., *Hybrid systems forming strange billiards*, International Journal of Bifurcation and Chaos, 13, 2575-2588, 2003
- [21] Katzorke I., *Modelling and analysis of production systems*, Doctoral thesis, University of Potsdam, 2002.
- [22] Houlihan, J., *International supply chain management*, International Journal of Physical Distribution and Materials Management 17 (2), 51–66, 1987.
- [23] Taylor, D., *Measurement and analysis of demand amplification across the supply chain*, The International Journal of Logistics Management 10 (2), 55–70, 1999.
- [24] Baganha, M., Cohen, M., *The stabilizing effect of inventory in supply chains*, Operations Research, 46 (3), 72–83, 1998.
- [25] Graves, S., *A multiechelon inventory model with fixed replenishment intervals*, Management Science 42 (1), 1–18, 1996.
- [26] Cachon, G., *Managing supply chain demand variability with scheduled ordering policies*, Management Science 45 (6), 843–856, 1999.
- [27] Metters, R., *Quantifying the bullwhip effect in supply chains*, Journal of Operations Management 15, 89–100, 1997.
- [28] Sterman, J., *Modeling managerial behavior: misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment*, Management Science 35, 321–339, 1989a
- [29] Croson, R., Donohue, K., Katok, E., Sterman, J., *Order Instability in Supply Chains: Coordination Risk and the Role of Coordination Stock*, Production and Operations Management, 23 (2), 176–196, 2014.
- [30] Holt, C., Modigliani, F., Simon, H., *Linear decision rule for production and employment scheduling*, Management Science 2, 1–30, 1955.

- [31] Holt, C., Modigliani, F., Muth, J., *Derivation of a linear decision rule for production and employment*, Management Science 2, 159–177, 1956.
- [32] Holt, C., Modigliani, F., Muth, J., Simon, H., *Planning Production, Inventory and Work Force*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1960.
- [33] Magee, J., *Production Planning and Inventory Control*, McGraw-Hill, New York, 1958
- [34] Simon, H., *On the application of servomechanism theory in the study of production control*, Econometrica 20, 247–268, 1952.
- [35] Vassian, H., *Application of discrete variable servo theory to inventory control*, Operations Research 3, 272–282, 1955.
- [36] Deziel, D., Eilon, S., *A linear production-inventory control rule*, The Production Engineer 43, 93–104, 1967.
- [37] Balakrishnan, A., Geunes, J., Pangburn, M., *Coordinating supply chains by controlling upstream variability propagation*, Manufacturing & Service Operations Management 6 (2), 163–183, 2004.
- [38] Marilyn M. Helms, *Encyclopedia of Management*, Thomson Gale, Detroit, 2006.
- [39] Fengqi Y., Grossmann E., *Design of responsive supply chains under demand uncertainty*, Computers and Chemical Engineering 32, 3090–3111, 2008.
- [40] Tang C., *Perspectives in supply chain risk management*, International journal of production economics, 103, 451–488, 2006.
- [41] Umeda S., A. Jones, *An integration test-bed system for supply chain management*, Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference, 1377–1385, 1998.
- [42] Simchi-Levi D., Kaminsky P., Simchi-Levi E., *Designing and Managing the Supply Chain Concepts, Strategies, and Case Studies*, McGraw-Hill, Boston, 2000.
- [43] Lee H., Whang S., *Decentralized multi-echelon supply chains: incentives and information*, Management Science 45 (5), 633– 640, 1999.
- [44] Lee H., Billington C., *Material management in decentralized supply chains*, Operations Research 41 (5), 835– 847, 1993.
- [45] Lee H., Billington C., *Managing supply chain inventory: pitfalls and opportunities*, Sloan Management Review 33 (3), 65– 73, 1992.
- [46] Wang W., Gong Y., Yu P., *Networked manufacturing*, Shenyang:Northeastern University Press, 7-11, 2003.
- [47] Schonberger, R., *Japanese Manufacturing Techniques: Nine Hidden Lessons in Simplicity*, Free Press, New York, 1982.
- [48] Imai, M., *Kaizen*, Random House, New York, 1986.
- [49] Gadde, L., Grant, B., *Quasi-Integration, Supplier Networks and Technological Co-operation in the Automotive Industry*, Proceedings from the International Research Seminar on Industrial Marketing, 1984.
- [50] Cooper R., Kaplan R., *Citizen Watch Company, Ltd.: Cost Reduction for Mature Products*, Boston: Harvard Business School Case No. 9, 194-033, 1994.
- [51] Sako M., *Prices, Quality and Trust: Inter-Firm Relationships in Britain and Japan*, Cambridge University Press, Cambridge, 1992.

- [52] Hakansson, H., *Corporate Technological Behaviour - Co-operation and Networks*, Routledge, London, 1989.
- [53] Wikner, J., Towill, D., Naim, M., *Smoothing supply chain dynamics*, International Journal of Production Economics 22, 231–248, 1991.
- [54] Dejonckheere, J., Disney, S., Lambrecht, M., Towill, D., *The impact of information enrichment on the bullwhip effect in supply chains: A control engineering perspective*, European Journal of Operational Research, 153 (3), 727-750, 2004.
- [55] Disney, S., Towill, D., *A linear PIC system that can operate in a non-linear world*. Proceedings of the IFAC MIM 2001 Conference in Manufacturing, Modelling, Management and Control, Prague, Czech Republic, 2001.
- [56] Ellram L., Cooper M., *Supply chain management, partnership, and the shipper third party relationship*, The International Journal of Logistic Management, 1(2), 1-10, 1990.
- [57] Stevens G., *Integrating the supply chain*, International Journal of Physical Distribution and Materials Management, 19, 3-8, 1989.
- [58] Ellram, L., *Supply chain management: the industrial organisation perspective*. International Journal of Physical Distribution and Logistics Management 21(1), 13-22, 1991.
- [59] Gavirneni S., Kapuscinski R., Tayur S., *Value of information in capacitated supply chains. From quantitative models for supply chain management*, Eds. Magazine MJ, Tayur S, and Ganeshan R, Kluwer, Cambridge, 1999.
- [60] Cooper M., Lambert D., Pagh J., *Supply chain management: more than a new name for logistics*, The International Journal of Logistics Management, 8(1), 1-14, 1997.
- [61] Jones T., Riley D., *Using inventory for competitive advantage through supply chain management*, International Journal of Physical Distribution and Materials Management, 15, 16-26, 1985.
- [62] Bowersox D., *Integrated supply chain management: A strategic imperative*, Council of Logistics Management Annual Conference, 5-8 October, Chicago, IL, 1997.
- [63] Crespo M., *Dynamic Modelling for Supply Chain Management Dealing with Front-end, Back-end and Integration Issues*, Springer-Verlag London Limited, 2010.
- [64] Sokol P., *From EDI to Electronic Commerce*, New York: McGraw Hill Inc., 1995.
- [65] Cavinato J., *A total cost/value model for supply chain competitiveness*, Journal of Business Logistics, 13(2), 285-301, 1992.
- [66] Mentzer J., *Supply chain management*, Thousand Oaks, Sage Publications Inc., California, 306-319, 2001.
- [67] Chandra C., Grabis J., *Supply Chain Configuration*, Concepts Solutions and Applications, New York: Springer, 2007.
- [68] Rice J., Hoppe R., *SC vs. SC: The hype and the reality*, Supply Chain Management Review, 5(5), 46-54, 2001.
- [69] Rushton A., Oxley J., Croucher P., *The Handbook of Logistics and Distribution Management*, 2nd ed., Kogan Page, London, 2000.
- [70] Silva C., Sousa J., Runkler T., Palm R., *Soft computing optimization methods applied to logistic processes*, International Journal of Approximate Reasoning 40 (3), 280–301, 2005.

- [71] Coyle J., Bardi E., Langley C., *The Management of Business Logistics: A Supply Chain Perspective*, Mason, OH: South-Western Thomson Learning, 2003.
- [72] Chopra, S., Meindl, P., *Supply chain management: Strategy, planning and operation*, NJ, Pearson Prentice Hall: Upper Saddle River, 2010.
- [73] McKinnon, A., Button, K., Nijkamp, P., *Transport logistics*, Cheltenham: Elgar, 2002.
- [74] Scott C., Lundgren H., Thompson P., *Guide to Supply Chain Management*, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2011.
- [75] Grant, D., Lambert, D., Stock, J., Ellram, L., *Fundamentals of logistics management*, London, Irwin/McGraw Hill, 2006.
- [76] *An Overview of Warehousing in North America—Market Size, Major 3PLs, Benchmarking Prices and Practices*, North America Warehousing Market Report 2004. Stoughton, Armstrong & Associates, Inc., 2004.
- [77] Johnson, J., *Warehousing's Crystal Ball*, *Warehousing Management* 9 (6), 24–28, 2002.
- [78] Karkkainen, M., *Increasing efficiency in the supplychain for short shelf life goods using RFID tagging*, *International Journal of Retail & Distribution Management* 31(10), 529–536, 2003.
- [79] Radhakrishnan, P., Subramanyan, S., Raju, V., *CAD/CAM/CIM*, New Delhi, New age international limited, 2012.
- [80] Johnson J., Everson C., Institute of Leadership & Management, *Controlling Physical Resources*, Pergamon Flexible Learning, Burlington, 4th edition, 2003
- [81] Bragg S., *Inventory accounting a comprehensive guide*, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2005
- [82] Mikac, T., Ljubetić, J., *Organizacija i upravljanje proizvodnjom*, Tehnički fakultet sveučilišta u Rijeci, 2009
- [83] Davenport T., *Putting the enterprise into the enterprise system*, *Harvard Business Review*, 76, 121-131, 1998.
- [84] Jordan W., Krumwiede K., *ERP Implementers Beware!*, *Cost Management Update*, 95, 1-4, 1999.
- [85] Čupić A., *Strategija uspješnog uvođenja sustava za planiranje resursa poduzeća*, Magistarski rad, Zagreb, 2005.
- [86] Takahashi K., Hirotani M., Hirotani D., Comparing CONWIP, synchronized CONWIP, and Kanban in complex supply chains, *International Journal of Production Economics*, 93–94, 25–40, 2005.
- [87] Hsin-En C., Rong-Kwei L., Chih-Hung T., *Designing a Supply Chain System to Maximize Replenishment Efficiency: A Simulation Exercise*, *International Journal of Management*, 29 (2), 492-503, 2012.
- [88] Bloomberg D., LeMay S., Hanna J., Lemay S., *Logistics*, Upper Saddle River, Prentice Hall, 2001.
- [89] Murphy P., Wood D., *Contemporary logistics*, Upper Saddle River, Prentice Hall, 2007.
- [90] Rushton A., Croucher P., Baker P., *The handbook of logistics and distribution management*, 3rd edition, Kogan, 2006.

- [91] Swaminathan J., Smith S., Sadeh N., *Modelling Supply Chain Dynamics: A Multiagent Approach*, Decision Sciences, 29(3), 607-632, 1998.
- [92] Waller M., Johnson M., Davis T., *Vendor managed inventory in the retail supply chain*, Journal of Business Logistics, 20(1), 183-203, 1999.
- [93] Kuk G., *Effectiveness of vendor managed inventory in the electronics industry: determinants and outcomes*, Information & Management, 41(5), 645-654, 2004.
- [94] Sari K., *Exploring the benefits of vendor managed inventory*, International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, 37(7), 529-545, 2007.
- [95] Vigtil A., *Information exchange in vendor managed inventory*, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 37(2), 131-147, 2007.
- [96] Silver, E., Pyke, D., Peterson, R., *Inventory management and production planning and scheduling*, 3rd edition, John Wiley & Sons Inc, 1998.
- [97] Gilbert, K., *An ARIMA supply chain model*, Management Science 51, 305–310, 2005
- [98] Potter A., Naim M., Disney S., *Utilising a production system archetype to attenuate bullwhip in a grocery supply chain*, the 13th international working seminar on production economics, Igls, Austria, 2004.
- [99] Scarf H., *The optimality of (S; s) policies in the dynamic inventory problem*, K.J. Arrow, S. Karlin, and P. Suppes, editors, Mathematical methods in the social sciences, Stanford University Press, Stanford, Calif., 196-202, 1960.
- [100] Iglehart, D., *Dynamic programming and stationary analysis of inventory problems, multistage inventory models and techniques*, Multistage Inventory Models and Techniques, Stanford University Press, 1-31, 1963.
- [101] Veinott A., Wagner H., *Computing optimal (s; S) policies*, Management Sciences 11, 525-552, 1965.
- [102] Forrester J., *Industrial dynamics. A major breakthrough for decision makers*, Harvard Business Review 36, 37–66, 1958.
- [103] Chaharsooghi S., Heydari J., Zegordi S., *A reinforcement learning model for supply chain ordering management: An application to the beer game*, Decision Support Systems 45(4), 949-959, 2008.
- [104] Forrester J., *Industrial Dynamics*, MIT Press, New York, 1961.
- [105] Burbidge J., *Period Batch Control (PBC) with GT—the way forward from MRP*, BPICS Annual Conference, Birmingham, 1991.
- [106] Chen F., Samroengraja R., *The stationary Beer Game*, Production and Operations Management, 9, 19–30, 2000.
- [107] Croson R., Donohue, K., *Impact of POS data sharing on supply chain management: an experimental study*, Production and Operations Management, 12(1), 1–11, 2003.
- [108] Croson, R., Donohue, K., *Behavioral causes of the bullwhip effect and the observed value of inventory information*, Management Science, 52(3), 323–336, 2006.
- [109] Cachon G., Randall T., Schmidt G., *In search of the bullwhip effect*, Management and Service Operations Management 9, 457–479, 2007.

- [110] Terwiesch C., Ren J., Ho T., Cohen, M., *Forecast sharing in the semiconductor equipment supply chain*, Management Science 51, 208–220, 2005.
- [111] Lee H., Padmanabhan V., Whang S., *Comments on information distortion in a supply chain: The bullwhip effect*, Management Science 50, 1887–1893, 2004.
- [112] Hammond, J., Barilla Spa (a), Harvard Business School Case # 9-694-046, 1994
- [113] Blanchard, O., *The production and inventory behavior of the american automobile industry*, Journal of Political Economy, 91, 1983.
- [114] Holt, C., Modigliani, F., Shelton, J., *The transmission of demand fluctuations through distribution and production systems: The TV-set industry*, Canadian Journal of Economics, 14, 718–739, 1968.
- [115] Miragliotta, G., *Layers and mechanisms: a new taxonomy for the bullwhip effect*. International Journal of Production Economics, 104 (2), 365–381, 2006.
- [116] Koh S., Gunasekaran A., Rajkumar D., *ERP II: the involvement, benefits and impediments of collaborative information sharing*, International Journal of Production Economics 113(1), 245–268, 2008.
- [117] Puschmann T., Alt R., *Developing an integration architecture for process portals*. European Journal of Information Systems 14 (1), 121–134, 2005.
- [118] Boyle E., Humphreys P., McIvor R., *Reducing supply chain environmental uncertainty through e-intermediation: an organization theory perspective*, International Journal of Production Economics, 114 (1), 347–362, 2008.
- [119] Torabi S., Hassini E., *An interactive possibilistic programming approach for multiple objective supply chain master planning*, Fuzzy Sets and Systems 159, 193–214, 2008.
- [120] Chen S., Chang P., *A mathematical programming approach to supply chain models with fuzzy parameters*, Engineering Optimization 38, 647–669, 2006.
- [121] Peidro D., Mula J., Poler R., Lario F., *Quantitative models for supply chain planning under uncertainty: a review*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 43, 400–420, 2009.
- [122] Daganzo C., *A theory of supply chains*, Institute of Transportation Studies Research Report, UCB-ITS-RR-2001-7, University of California, Berkeley, CA, 2001.
- [123] Daganzo C., *On the stability of supply chains*, Operations Research 52 (6), 909–921, 2004.
- [124] Ouyang Y., Daganzo C., *Characterization of the bullwhip effect in linear, time-invariant supply chains: some formulae and tests*, Management Science 52 (10), 1544–1556, 2006a
- [125] Ouyang Y., Daganzo C., *Robust tests for the bullwhip effect in supply chains with stochastic dynamics*, European Journal of Operational Research 185 (1), 340–353, 2008.
- [126] Boccadoro M., Martinelli F., Valigi P., *H-infinity control of a Supply Chain model*, Proceedings of the 45th IEEE Conference on Decision and Control, 4387–4392, 2006.
- [127] Cooke J., *The \$30 Billion promise*, Traffic Management 32, 57–59, 1993
- [128] Magee J., *Guides to inventory control (Part II)*, Harvard Business Review, 106–116, 1956.
- [129] Forrester J., *Industrial Dynamics*, MIT Press, Cambridge, MA, 1961.



- [130] Magee J., Boodman D., *Production Planning and Inventory Control*, 2nd edition, McGraw-Hill, New York, 1967.
- [131] Goodwin J., Franklin S., *The beer distribution game: using simulation to teach systems thinking*, Journal of Management Development 13 (8), 7–15, 1994.
- [132] Kaminsky P., Simchi-Levi D., *The Computerized Beer Game: Teaching the Value of Integrated Supply Chain Management*, Supply Chain and Technology Management, The Production and Operations Management Society, 1998.
- [133] Van Ackere A., Larsen E., *Morecroft, Systems thinking and business process redesign: An application to the beer game*, European Management Journal 11 (4), 412–423, 1993.
- [134] Warburton R., *An analytical Investigation of the Bullwhip Effect*, Production and Operations Management 13 (2), 150–160, 2004.
- [135] Chen F., Drezner Z., Ryan J., Simchi-Levi, D., *The Bullwhip effect: managerial insights on the impact of forecasting and information on variability in a supply chain*, Quantitative Models for Supply Chain Management, 418–439, 1998
- [136] Ciancimino E., Salvatore C., Bruccoleri M., Framinan J., *On the Bullwhip Avoidance Phase: The Synchronised Supply Chain*, European Journal of Operational Research, 221, 49–63, 2012.
- [137] Zhang X., *The impact of forecasting methods on the bullwhip effect*, International Journal of Production Economics, 88, 15–27, 2004.
- [138] Chandra C., Grabis J., *Application of multi-steps forecasting for restraining the bullwhip effect and improving inventory performance under autoregressive demand*, European Journal of Operational Research, 166, 337–350, 2005.
- [139] Ingalls R., Foote B., Krishnamoorthy A., *Reducing the bullwhip effect in supply chains with control-based forecasting*, International Journal of Simulation and Process Modelling 1, 90–110, 2005.
- [140] Disney S., Towill D., *A methodology for benchmarking replenishment-induced bullwhip*, Supply Chain Management 11, 160–168, 2006.
- [141] Kelepouris T., Miliotis P., Pramataris K., *The impact of replenishment parameters and information sharing on the Bullwhip effect: a computational study*, Computers and Operations Research, 35, 3657–3670, 2008.
- [142] Wright D., Yuan X., *Mitigating the bullwhip effect by ordering policies and forecasting methods*, International Journal of Production Economics, 113, 587–597, 2008
- [143] Chatfield D., Kim J., Harrison T., Hayya J., *The bullwhip effect – impact of stochastic lead time, information quality, and information sharing: a simulation study*, Production and Operations Management, 13, 340–353, 2004.
- [144] Boute R., Disney S., Lambrecht M., Van Houdt B., *An integrated production and inventory model to dampen upstream demand variability in the supply chain*, European Journal of Operational Research, 178, 121–142, 2007.
- [145] Jakšić M., Rusjan B., *The effect of replenishment policies on the bullwhip effect: a transfer function approach*, European Journal of Operational Research, 184, 946–961, 2008.

- [146] Kim I., Springer M., *Measuring endogenous supply chain volatility: beyond the bullwhip effect*, European Journal of Operational Research, 189, 172–193, 2008.
- [147] Chaharsooghi S., Heydari, J., *LT variance or LT mean reduction in supply chain management: which one has a higher impact on SC performance?*, International Journal of Production Economics, 124, 475–481, 2010.
- [148] Aggelogiannaki E., Doganis P., Sarimveis H., *An adaptive model predictive control configuration for production-inventory systems*, International Journal of Production Economics, 114, 165–178, 2008.
- [149] Caloiero G., Strozzi F., Comenges J., *A supply chain as a series of filters or amplifiers of the bullwhip effect*, International Journal of Production Economics, 114, 631–645, 2008.
- [150] Chen L., Lee H., *Information sharing and order variability control under a generalized demand model*, Management Science, 55, 781–798, 2009.
- [151] Wang X., Disney S., Wang J., *Stability analysis of constrained inventory systems with transportation delay*, European Journal of Operational Research, 223 (1), 86-95, 2012.
- [152] Habek M., *Upravljanje zalihama i skladišno poslovanje*, RRiF-plus d.o.o., Zagreb, 2002
- [153] Chopra S., Meindl P., *Supply Chain Strategy, Planning and Operations*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 2001.
- [154] Wagner H., Whitin T., *Dynamic problems in the theory of the firm*, Naval Research Logistics Quarterly, 5 (1), 53-74, 1958

## POPIS SIMBOLA

$\mu_{DOB}$	prosječna veličina dobave
$\mu_{POT}$	prosječna veličina potražnje
$\mu_{ZAL}$	prosječna dnevna razina zaliha
$\sigma_{DOB}$	standardna devijacija dobava
$\sigma_{POT}$	standardna devijacija potražnje
$\sigma_{DOB}^2$	varijanca dobava
$\sigma_{POT}^2$	varijanca potražnje
$B_D$	broj dana s neispunjenom potražnjom
$B_{DB}$	minimalan potreban broj dobava
$B_{DP}$	broj dobavljenih proizvoda
$BL$	praćenje i naknadna dobava prvotno neisporučenih proizvoda (backlogging)
$B_P$	broj naknadno dobavljenih proizvoda
$D_{UK}$	ukupan broj dana u simulacijskom eksperimentu
$E_B$	koeficijent efekta biča
$E_{B,MAX}$	maksimalan koeficijent efekta biča
$L$	takt dobave
$P_{UK}$	ukupnu potražnju za proizvodima
$PZPT$	postotak zadovoljavanja potražnje tržišta
$Q$	veličina narudžbe
$Q_{MVN}$	minimalna veličina narudžbe
$Q_{ST}$	standardna veličina narudžbe
$R$	period provjere zaliha
$S$	razina nadopune
$s$	razina ponovnog naručivanja
$T_{BL}$	jedinični trošak nedostatka proizvoda
$T_D$	jedinični trošak držanja proizvoda
$T_N$	jedinični trošak naručivanja
$T_P$	jedinični trošak prijevoza

## POPIS SLIKA

<b>Slika 2.1.</b> Zavisnost vremena dobave proizvoda i brzine prilagodbe promjenama na tržištu prema [39] .....	7
<b>Slika 2.2.</b> Prikaz dobavljačkog lanca s četiri poslovna sustava .....	7
<b>Slika 2.3.</b> Prikaz smanjenog dobavljačkog lanca .....	11
<b>Slika 2.4.</b> Dobavljački lanac s internetskom prodajom .....	11
<b>Slika 2.5.</b> Prikaz dobavljačkog lanca s elektronskim prodajnim mjestom i razmjenom podataka .....	12
<b>Slika 2.6.</b> Prikaz dobavljačkog lanca s dobavljačem upravljanim zalihama .....	13
<b>Slika 2.7.</b> Prikaz dobavljačkih lanaca bez zajedničke suradnje prema [66] .....	17
<b>Slika 2.8.</b> Dobavljački lanci s djelomičnom suradnjom između članova lanaca prema [66] .....	18
<b>Slika 2.9.</b> Zavisnost troškova i broja distributivnih centara prema [72] .....	19
<b>Slika 2.10.</b> Čimbenici kombiniranih modela transporta prema [74] .....	20
<b>Slika 2.11.</b> Pregled razvoja proizvodnih strategija s obzirom na inovativnost poslovnih sustava i fleksibilnost u poslovanju prema [79] .....	23
<b>Slika 2.12.</b> Prikaz sastavnih dijelova MRP sustava prema [80] .....	25
<b>Slika 2.13.</b> Prikaz MRP II sustava i protoka informacija kroz njega, prilagođeno prema [81] .....	25
<b>Slika 2.14.</b> Prikaz planiranja kapaciteta proizvodnje kod MRP II koncepta prema [78] .....	26
<b>Slika 2.15.</b> Prikaz modula ERP sustava, prilagođeno prema [83] .....	28
<b>Slika 2.16.</b> Shematski prikaz Kanban sustava prema [86] .....	31
<b>Slika 2.17.</b> Odnos sigurnosti i ekonomičnosti kod veličine zaliha prema [71] .....	33
<b>Slika 2.18.</b> Zadovoljavanje oprečnih ciljeva pri upravljanju zalihama .....	33
<b>Slika 2.19.</b> Suprotstavljajući utjecaji veličina zaliha na uspješnost poslovnog sustava .....	34
<b>Slika 2.20.</b> (s, Q) model upravljanja zalihama .....	35
<b>Slika 2.21.</b> (s, S) model upravljanja zalihama .....	36
<b>Slika 2.22.</b> (R, S) model upravljanja zalihama .....	37
<b>Slika 2.23.</b> (R, s, S) model upravljanja zalihama .....	38
<b>Slika 2.24.</b> Osnovna problematika optimalnog upravljanja zalihama dobavljačkog lanca ...	39
<b>Slika 2.25.</b> Oscilacija potražnje u dobavljačkim lancima u smjeru proizvođača prema [114]	40

<b>Slika 2.26.</b> Četiri uzroka efekta biča prema [13] .....	41
<b>Slika 3.1.</b> Modeli potražnje za proizvodima .....	45
<b>Slika 3.2.</b> Asimptotski stabilan tip potražnje .....	46
<b>Slika 3.3.</b> Periodični tip potražnje .....	46
<b>Slika 3.4.</b> Kvazi-periodični tip potražnje .....	46
<b>Slika 3.5.</b> Kaotični tip potražnje .....	46
<b>Slika 3.6.</b> Algoritam za određivanje dnevnih potražnji za proizvodima .....	47
<b>Slika 3.7.</b> Prikaz prvih 50 dana kaotičnog modela potražnje veličine $100 \pm 10$ proizvoda dnevno .....	48
<b>Slika 3.8.</b> Prikaz histograma frekvencija i kumulativnog udjela razreda frekvencija kaotičnog modela potražnje za proizvodima veličine $100 \pm 10$ proizvoda dnevno .....	48
<b>Slika 3.9.</b> Prikaz prvih 50 dana kaotičnog modela potražnje veličine $100 \pm 50$ proizvoda dnevno .....	48
<b>Slika 3.10.</b> Prikaz histograma frekvencija i kumulativnog udjela razreda frekvencija kaotičnog modela potražnje veličine $100 \pm 50$ proizvoda dnevno .....	48
<b>Slika 3.11.</b> Usporedba kaotičnosti potražnji za proizvodima .....	49
<b>Slika 3.12.</b> Prikaz sinkroniziranog radnog vremena (SRV) .....	49
<b>Slika 3.13.</b> Prikaz nesinkroniziranog radnog vremena (NSRV) .....	49
<b>Slika 3.14.</b> Termini dobava za SRV uz takt dobave manji od jednog radnog dana (sutradan) .....	50
<b>Slika 3.15.</b> Termini dobava za SRV uz takt dobave od jednog radnog dana .....	50
<b>Slika 3.16.</b> Termini dobava za SRV uz takt dobave od tri radna dana .....	50
<b>Slika 3.17.</b> Termini dobava za SRV uz takt dobave od pet radnih dana .....	51
<b>Slika 3.18.</b> Termini dobava za SRV uz takt dobave od deset radnih dana .....	51
<b>Slika 3.19.</b> Termini dobava za NSRV uz takt dobave manji od jednog radnog dana (sutradan) .....	51
<b>Slika 3.20.</b> Termini dobava za NSRV uz takt dobave od jednog radnog dana .....	51
<b>Slika 3.21.</b> Termini dobava za NSRV uz takt dobave od tri radna dana .....	51
<b>Slika 3.22.</b> Termini dobava za NSRV uz takt dobave od pet radnih dana .....	51
<b>Slika 3.23.</b> Termini dobava za NSRV uz takt dobave od deset radnih dana .....	52
<b>Slika 3.24.</b> Usporedba kretanja zaliha za različite minimalne veličine narudžbe uz jednaku potražnju i postavke sustava upravljanja zalihama .....	52
<b>Slika 3.25.</b> Prikaz kretanja zaliha kad se ne prati neispunjena potražnja tržišta .....	53
<b>Slika 3.26.</b> Prikaz kretanja zaliha kad se prati neispunjena potražnja tržišta .....	54
<b>Slika 3.27.</b> Usporedba modela upravljanja zalihama s periodičkim provjerama s aspekta praćenja neisporučene potražnje .....	54
<b>Slika 3.28.</b> Mjerenje postotka zadovoljavanja potražnje tržišta brojem izravno isporučenih proizvoda .....	55
<b>Slika 3.29.</b> Mjerenje postotka zadovoljavanja potražnje tržišta brojem dana s u potpunosti zadovoljenom potražnjom .....	56
<b>Slika 3.30.</b> Postoci zadovoljavanja potražnje tržišta za koje će se utvrđivati ponašanje sustava upravljanja zalihama simulacijskim eksperimentima .....	56
<b>Slika 4.1.</b> Postavke simulacijskih eksperimenata .....	59
<b>Slika 4.2.</b> Prikaz algoritma za određivanje simulacijskog eksperimenta .....	62
<b>Slika 4.3.</b> Trajanje proračuna simulacijskog eksperimenta u zavisnosti od broja promatranih perioda i stupnja kaotičnosti potražnje .....	63

<b>Slika 4.4.</b> Minimalan broj dobava potrebnih za ispunjenje odgovarajućeg PZPT pri potražnji 100±10 proizvoda dnevno .....	65
<b>Slika 4.5.</b> Prosječna veličina dobave potrebna za ispunjenje odgovarajućeg PZPT pri potražnji 100±10 proizvoda dnevno .....	66
<b>Slika 4.6.</b> Prosječna dnevna razina zaliha potrebna za ispunjenje odgovarajućeg PZPT pri potražnji 100±10 proizvoda dnevno.....	67
<b>Slika 4.7.</b> Koeficijent efekta biča u odnosu na ispunjeni PZPT pri potražnji 100±10 proizvoda dnevno .....	69
<b>Slika 4.8.</b> Učestalost $E_B > 2$ u zavisnosti od takta dobave.....	69
<b>Slika 4.9.</b> Učestalost $E_B > 2$ u zavisnosti od sinkr. rad. vr.....	69
<b>Slika 4.10.</b> Učestalost $E_B > 2$ u zavisnosti od BL-a.....	69
<b>Slika 4.11.</b> Učestalost $E_B > 2$ u zavisnosti od minimalne veličine narudžbe.....	70
<b>Slika 4.12.</b> Učestalost $E_B > 2$ u zavisnosti od postotka zadovoljavanja potražnje tržišta.....	70
<b>Slika 4.13.</b> Učestalost $E_B > 2$ u zavisnosti od takta dobave.....	70
<b>Slika 4.14.</b> Učestalost $E_B > 2$ u zavisnosti od sinkr. rad. vr.....	70
<b>Slika 4.15.</b> Učestalost $E_B > 2$ u zavisnosti od BL-a.....	70
<b>Slika 4.16.</b> Učestalost $E_B > 2$ u zavisnosti od minimalne veličine narudžbe.....	71
<b>Slika 4.17.</b> Učestalost $E_B > 2$ u zavisnosti od postotka zadovoljavanja potražnje tržišta.....	71
<b>Slika 4.18.</b> Rizik naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda u odnosu na ispunjeni PZPT pri potražnji 100±10 proizvoda dnevno .....	71
<b>Slika 4.19.</b> Propuštena prodaja u odnosu na PZPT pri potražnji 100±10 proizvoda dnevno	72
<b>Slika 4.20.</b> Troškovi SUZ bez popusta za PZPT od 80% mjenom po broju izravno isporučenih proizvoda pri potražnji 100±10 proizvoda dnevno .....	74
<b>Slika 4.21.</b> Troškovi SUZ bez popusta za PZPT od 90% mjenom po broju izravno isporučenih proizvoda pri potražnji 100±10 proizvoda dnevno .....	74
<b>Slika 4.22.</b> Troškovi SUZ bez popusta za PZPT od 100% mjenom po broju izravno isporučenih proizvoda pri potražnji 100±10 proizvoda dnevno.....	75
<b>Slika 4.23.</b> Troškovi SUZ bez popusta za PZPT od 80% mjenom po broju po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom pri potražnji 100±10 proizvoda dnevno.....	76
<b>Slika 4.24.</b> Troškovi SUZ bez popusta za PZPT od 90% mjenom po broju po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom pri potražnji 100±10 proizvoda dnevno.....	76
<b>Slika 4.25.</b> Troškovi SUZ bez popusta za PZPT od 100% mjenom po broju po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom pri potražnji 100±10 proizvoda dnevno.....	77
<b>Slika 4.26.</b> Troškovi SUZ s popustima za PZPT od 80% mjenom po broju izravno isporučenih proizvoda pri potražnji 100±10 proizvoda dnevno .....	79
<b>Slika 4.27.</b> Troškovi SUZ s popustima za PZPT od 90% mjenom po broju izravno isporučenih proizvoda pri potražnji 100±10 proizvoda dnevno .....	79
<b>Slika 4.28.</b> Troškovi SUZ s popustima za PZPT od 100% mjenom po broju izravno isporučenih proizvoda pri potražnji 100±10 proizvoda dnevno.....	80
<b>Slika 4.29.</b> Troškovi SUZ s popustima za PZPT od 80% mjenom po broju po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom pri potražnji 100±10 proizvoda dnevno.....	81
<b>Slika 4.30.</b> Troškovi SUZ s popustima za PZPT od 90% mjenom po broju po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom pri potražnji 100±10 proizvoda dnevno.....	81
<b>Slika 4.31.</b> Troškovi SUZ s popustima za PZPT od 100% mjenom po broju po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom pri potražnji 100±10 proizvoda dnevno.....	82

<b>Slika 4.32.</b> Minimalan broj dobava potrebnih za ispunjenje odgovarajućeg PZPT pri potražnji 100±50 proizvoda dnevno.....	83
<b>Slika 4.33.</b> Prosječna veličina dobave potrebna za ispunjenje odgovarajućeg PZPT pri potražnji 100±50 proizvoda dnevno.....	84
<b>Slika 4.34.</b> Prosječna dnevna razina zaliha potrebna za ispunjenje odgovarajućeg PZPT pri potražnji 100±50 proizvoda dnevno.....	85
<b>Slika 4.35.</b> Koeficijent efekta biča u odnosu na ispunjeni PZPT pri potražnji 100±50 proizvoda dnevno.....	86
<b>Slika 4.36.</b> Učestalost $E_B > 2$ u zavisnosti od takta dobave.....	87
<b>Slika 4.37.</b> Učestalost $E_B > 2$ u zavisnosti od sinkr. rad. vr.....	87
<b>Slika 4.38.</b> Učestalost $E_B > 2$ u zavisnosti od BL-a.....	87
<b>Slika 4.39.</b> Učestalost $E_B > 2$ u zavisnosti od minimalne veličine narudžbe.....	87
<b>Slika 4.40.</b> Učestalost $E_B > 2$ u zavisnosti od postotka zadovoljavanja potražnje tržišta.....	87
<b>Slika 4.41.</b> Učestalost $E_B > 2$ u zavisnosti od takta dobave.....	88
<b>Slika 4.42.</b> Učestalost $E_B > 2$ u zavisnosti od sinkr. rad. vr.....	88
<b>Slika 4.43.</b> Učestalost $E_B > 2$ u zavisnosti od BL-a.....	88
<b>Slika 4.44.</b> Učestalost $E_B > 2$ u zavisnosti od minimalne veličine narudžbe.....	88
<b>Slika 4.45.</b> Učestalost $E_B > 2$ u zavisnosti od postotka zadovoljavanja potražnje tržišta.....	88
<b>Slika 4.46.</b> Rizik naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda u odnosu na PZPT pri potražnji 100±50 proizvoda dnevno.....	89
<b>Slika 4.47.</b> Propuštena prodaja u odnosu na PZPT pri potražnji 100±50 proizvoda dnevno.....	89
<b>Slika 4.48.</b> Troškovi SUZ bez popusta za PZPT od 80% mjenom po broju izravno isporučenih proizvoda pri potražnji 100±50 proizvoda dnevno.....	90
<b>Slika 4.49.</b> Troškovi SUZ bez popusta za PZPT od 90% mjenom po broju izravno isporučenih proizvoda pri potražnji 100±50 proizvoda dnevno.....	91
<b>Slika 4.50.</b> Troškovi SUZ bez popusta za PZPT od 100% mjenom po broju izravno isporučenih proizvoda pri potražnji 100±50 proizvoda dnevno.....	91
<b>Slika 4.51.</b> Troškovi SUZ bez popusta za PZPT od 80% mjenom po broju po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom pri potražnji 100±50 proizvoda dnevno.....	92
<b>Slika 4.52.</b> Troškovi SUZ bez popusta za PZPT od 90% mjenom po broju po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom pri potražnji 100±50 proizvoda dnevno.....	93
<b>Slika 4.53.</b> Troškovi SUZ bez popusta za PZPT od 100% mjenom po broju po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom pri potražnji 100±50 proizvoda dnevno.....	94
<b>Slika 4.54.</b> Troškovi SUZ s popustima za PZPT od 80% mjenom po broju izravno isporučenih proizvoda pri potražnji 100±50 proizvoda dnevno.....	95
<b>Slika 4.55.</b> Troškovi SUZ s popustima za PZPT od 90% mjenom po broju izravno isporučenih proizvoda pri potražnji 100±50 proizvoda dnevno.....	96
<b>Slika 4.56.</b> Troškovi SUZ s popustima za PZPT od 100% mjenom po broju izravno isporučenih proizvoda pri potražnji 100±50 proizvoda dnevno.....	96
<b>Slika 4.57.</b> Troškovi SUZ s popustima za PZPT od 80% mjenom po broju po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom pri potražnji 100±50 proizvoda dnevno.....	97
<b>Slika 4.58.</b> Troškovi SUZ s popustima za PZPT od 90% mjenom po broju po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom pri potražnji 100±50 proizvoda dnevno.....	98
<b>Slika 4.59.</b> Troškovi SUZ s popustima za PZPT od 100% mjenom po broju po broju dana s u cijelosti zadovoljenom potražnjom pri potražnji 100±50 proizvoda dnevno.....	98

<b>Slika 4.60.</b> Minimalan broj dobava potrebnih za ispunjenje odgovarajućih PZPT pri potražnji $100\pm 10$ i $100\pm 50$ proizvoda dnevno.....	99
<b>Slika 4.61.</b> Prosječna veličina dobave potrebna za ispunjenje odgovarajućih PZPT pri potražnji $100\pm 10$ i $100\pm 50$ proizvoda dnevno.....	100
<b>Slika 4.62.</b> Prosječna dnevna razina zaliha potrebna za ispunjenje odgovarajućih PZPT pri potražnji $100\pm 10$ i $100\pm 50$ proizvoda dnevno .....	100
<b>Slika 4.63.</b> $E_B$ u odnosu na ispunjeni PZPT pri potražnji $100\pm 10$ i $100\pm 50$ proizvoda dnevno .....	101
<b>Slika 4.64.</b> Rizik naknadne dobave prvotno neisporučenih proizvoda u odnosu na ispunjeni PZPT pri potražnji $100\pm 10$ i $100\pm 50$ proizvoda dnevno.....	101
<b>Slika 4.65.</b> Propuštena prodaja u odnosu na PZPT pri potražnji $100\pm 10$ i $100\pm 50$ proizvoda dnevno .....	102
<b>Slika 4.66.</b> Ukupni troškovi SUZ bez popusta za PZPT od 100% pri potražnji $100\pm 10$ i $100\pm 50$ proizvoda dnevno .....	102
<b>Slika 4.67.</b> Ukupni troškovi SUZ s popustima za PZPT od 100% pri potražnji $100\pm 10$ i $100\pm 50$ proizvoda dnevno .....	103
<b>Slika 5.1.</b> Pokazatelji korišteni pri određivanju rezultata simulacijskog eksperimenta po novorazvijenoj metodi optimalnog upravljanja zalihama u varijanti A.....	106
<b>Slika 5.2.</b> Pokazatelji korišteni pri određivanju rezultata simulacijskog eksperimenta po novorazvijenoj metodi optimalnog upravljanja zalihama u varijanti B .....	106
<b>Slika 5.3.</b> Pokazatelji korišteni pri određivanju rezultata simulacijskog eksperimenta po novorazvijenoj metodi optimalnog upravljanja zalihama u varijanti C .....	107
<b>Slika 5.4.</b> Prikaz novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama i korištenih kvantificiranih čimbenika sustava upravljanja zalihama .....	108
<b>Slika 5.5.</b> Usporedba rezultata varijante A novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama za potražnje tržišta od $100\pm 10$ i $100\pm 50$ proizvoda dnevno .....	125
<b>Slika 5.6.</b> Usporedba rezultata varijante B novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama za potražnje tržišta od $100\pm 10$ i $100\pm 50$ proizvoda dnevno .....	126
<b>Slika 5.7.</b> Usporedba rezultata varijante C novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama za potražnje tržišta od $100\pm 10$ i $100\pm 50$ proizvoda dnevno .....	127
<b>Slika 5.8.</b> Usporedba rezultata novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama pri potražnji tržišta od $100\pm 10$ proizvoda dnevno grupiranih po rastućim vrijednostima rezultata varijante A .....	128
<b>Slika 5.9.</b> Usporedba rezultata novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama pri potražnji tržišta od $100\pm 10$ proizvoda dnevno grupiranih po rastućim vrijednostima rezultata varijante B .....	129
<b>Slika 5.10.</b> Usporedba rezultata novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama pri potražnji tržišta od $100\pm 10$ proizvoda dnevno grupiranih po rastućim vrijednostima rezultata varijante C .....	130
<b>Slika 5.11.</b> Usporedba rezultata novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama pri potražnji tržišta od $100\pm 50$ proizvoda dnevno grupiranih po rastućim vrijednostima rezultata varijante A .....	131
<b>Slika 5.12.</b> Usporedba rezultata novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama pri potražnji tržišta od $100\pm 50$ proizvoda dnevno grupiranih po rastućim vrijednostima rezultata varijante B .....	132



<b>Slika 5.13.</b> Usporedba rezultata novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama pri potražnji tržišta od $100 \pm 50$ proizvoda dnevno grupiranih po rastućim vrijednostima rezultata varijante C .....	133
<b>Slika 5.14.</b> Histogram rezultata simulacijskih eksperimenata (R SE) po sve tri varijante novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama i za oba stupnja kaotičnosti potražnje .....	134
<b>Slika 5.15.</b> Odstupanja karakterističnih razina sustava upravljanja zalihama određenih simulacijskim eksperimentima i analitički pri potražnji $100 \pm 10$ proizvoda dnevno .....	139
<b>Slika 5.16.</b> Odstupanja karakterističnih razina sustava upravljanja zalihama određenih simulacijskim eksperimentima i analitički pri potražnji $100 \pm 50$ proizvoda dnevno .....	140
<b>Slika 5.17.</b> Odstupanja standardne dobavne količine D pri potražnji $100 \pm 10$ proizvoda dnevno .....	141
<b>Slika 5.18.</b> Odstupanja standardne dobavne količine Q pri potražnji $100 \pm 50$ proizvoda dnevno .....	142

## POPIS TABLICA

<b>Tablica 2.1.</b> Tipovi dobavljačkih lanaca po vrsti upravljanja zalihama i planiranja.....	11
<b>Tablica 2.2.</b> Problemi dobavljačkih lanaca i pristup njihovom rješavanju prema [67].....	16
<b>Tablica 2.3.</b> Prikaz istraživanja efekta biča u dobavljačkim lancima prema [159].....	43
<b>Tablica 4.1.</b> Postavke simulacijskih eksperimenata za oba tipa potražnje za proizvodima ..	63
<b>Tablica 5.1.</b> Najbolji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti A novorazvijene integralne metode pri potražnji $100 \pm 10$ proizvoda dnevno .....	109
<b>Tablica 5.2.</b> Najbolji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti A novorazvijene integralne metode pri potražnji $100 \pm 10$ proizvoda dnevno s vrijednostima sastavnih pokazatelja i njihovim rednim brojevima.....	110
<b>Tablica 5.3.</b> Najlošiji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti A novorazvijene integralne metode pri potražnji $100 \pm 10$ proizvoda dnevno .....	110
<b>Tablica 5.4.</b> Najlošiji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti A novorazvijene integralne metode pri potražnji $100 \pm 10$ proizvoda dnevno s vrijednostima sastavnih pokazatelja i njihovim rednim brojevima.....	111
<b>Tablica 5.5.</b> Najbolji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti A novorazvijene integralne metode pri potražnji od $100 \pm 50$ proizvoda dnevno .....	112
<b>Tablica 5.6.</b> Najbolji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti A novorazvijene integralne metode pri potražnji $100 \pm 50$ proizvoda dnevno s vrijednostima sastavnih pokazatelja i njihovim rednim brojevima.....	112
<b>Tablica 5.7.</b> Najlošiji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti A novorazvijene integralne metode pri potražnji od $100 \pm 50$ proizvoda dnevno .....	113
<b>Tablica 5.8.</b> Najlošiji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti A novorazvijene integralne metode pri potražnji $100 \pm 50$ proizvoda dnevno s vrijednostima sastavnih pokazatelja i njihovim rednim brojevima.....	113
<b>Tablica 5.9.</b> Najbolji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti B novorazvijene integralne metode pri potražnji $100 \pm 10$ proizvoda dnevno .....	114
<b>Tablica 5.10.</b> Najbolji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti B novorazvijene integralne metode pri potražnji $100 \pm 10$ proizvoda dnevno s vrijednostima sastavnih pokazatelja i njihovim rednim brojevima.....	115

<b>Tablica 5.11.</b> Najlošiji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti B novorazvijene integralne metode pri potražnji $100\pm 10$ proizvoda dnevno .....	115
<b>Tablica 5.12.</b> Najlošiji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti B novorazvijene integralne metode pri potražnji $100\pm 10$ proizvoda dnevno s vrijednostima sastavnih pokazatelja i njihovim rednim brojevima.....	116
<b>Tablica 5.13.</b> Najbolji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti B novorazvijene integralne metode pri potražnji $100\pm 50$ proizvoda dnevno .....	117
<b>Tablica 5.14.</b> Najbolji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti B novorazvijene integralne metode pri potražnji $100\pm 50$ proizvoda dnevno s vrijednostima sastavnih pokazatelja i njihovim rednim brojevima.....	117
<b>Tablica 5.15.</b> Najlošiji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti B novorazvijene integralne metode pri potražnji $100\pm 50$ proizvoda dnevno .....	118
<b>Tablica 5.16.</b> Najlošiji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti B novorazvijene integralne metode pri potražnji $100\pm 50$ proizvoda dnevno s vrijednostima sastavnih pokazatelja i njihovim rednim brojevima.....	118
<b>Tablica 5.17.</b> Najbolji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti C novorazvijene metode pri potražnji $100\pm 10$ proizvoda dnevno .....	119
<b>Tablica 5.18.</b> Najbolji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti C novorazvijene metode pri potražnji $100\pm 10$ proizvoda dnevno s vrijednostima sastavnih pokazatelja i njihovim rednim brojevima .....	120
<b>Tablica 5.19.</b> Najlošiji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti C novorazvijene integralne metode pri potražnji $100\pm 10$ proizvoda dnevno .....	120
<b>Tablica 5.20.</b> Najlošiji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti C novorazvijene metode pri potražnji $100\pm 10$ proizvoda dnevno s vrijednostima sastavnih pokazatelja i njihovim rednim brojevima .....	121
<b>Tablica 5.21.</b> Najbolji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti C novorazvijene integralne metode pri potražnji $100\pm 50$ proizvoda dnevno .....	122
<b>Tablica 5.22.</b> Najbolji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti C novorazvijene metode pri potražnji $100\pm 50$ proizvoda dnevno s vrijednostima sastavnih pokazatelja i njihovim rednim brojevima .....	122
<b>Tablica 5.23.</b> Najlošiji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti C novorazvijene integralne metode pri potražnji $100\pm 50$ proizvoda dnevno .....	123
<b>Tablica 5.24.</b> Najlošiji rezultati sustava upravljanja zalihama po varijanti C novorazvijene metode pri potražnji $100\pm 50$ proizvoda dnevno s vrijednostima sastavnih pokazatelja i njihovim rednim brojevima .....	124
<b>Tablica 5.25.</b> Simulacijski eksperimenti s najnižim ukupnim troškovima naručivanja i držanja zaliha pri potražnji $100\pm 10$ proizvoda dnevno.....	136
<b>Tablica 5.26.</b> Simulacijski eksperimenti s najnižim ukupnim troškovima naručivanja i držanja zaliha pri potražnji $100\pm 50$ proizvoda dnevno.....	136
<b>Tablica 5.27.</b> Usporedni prikaz karakteristika sustava upravljanja zalihama postojećih metoda i algoritama s novorazvijenom integralnom metodom optimalnog upravljanja zalihama .....	143

# PRILOZI

**PRILOG I** Rezultati simulacijskih eksperimenata u tri varijante novorazvijene integralne metode optimalnog upravljanja zalihama i pri potražnji  $100 \pm 10$  i  $100 \pm 50$  proizvoda dnevno

SE	Postavke simulacijskog eksperimenta						Potražnja $100 \pm 10$			Potražnja $100 \pm 50$		
	Takt dobave	Vrsta PZPT	PZPT	Sink. RV	BL	MVN	Varijanta A	Varijanta B	Varijanta C	Varijanta A	Varijanta B	Varijanta C
1	<1	po danima	80%	da	ne	1	0,4046	0,5790	0,4241	0,4869	0,6245	0,4725
2	<1	po danima	80%	da	ne	50	0,4248	0,5902	0,4377	0,5370	0,6570	0,5073
3	<1	po danima	80%	da	ne	100	0,4248	0,5902	0,4377	0,5019	0,6136	0,4747
4	<1	po danima	80%	da	ne	200	0,3295	0,4759	0,3493	0,3608	0,4853	0,3617
5	<1	po danima	90%	da	ne	1	0,4000	0,5761	0,4210	0,4681	0,6123	0,4598
6	<1	po danima	90%	da	ne	50	0,4577	0,6078	0,4599	0,4998	0,6351	0,4828
7	<1	po danima	90%	da	ne	100	0,4087	0,5820	0,4276	0,4659	0,6002	0,4544
8	<1	po danima	90%	da	ne	200	0,2826	0,4474	0,3174	0,3085	0,4560	0,3282
9	<1	po danima	100%	da	ne	1	0,3985	0,5754	0,4201	0,4650	0,6131	0,4592
10	<1	po danima	100%	da	ne	50	0,4216	0,5942	0,4388	0,4938	0,6359	0,4815
11	<1	po danima	100%	da	ne	100	0,4221	0,5945	0,4400	0,4510	0,5970	0,4478
12	<1	po danima	100%	da	ne	200	0,2787	0,4500	0,3184	0,2899	0,4496	0,3192
13	<1	po danima	80%	da	da	1	0,4017	0,5779	0,4226	0,4761	0,6219	0,4677
14	<1	po danima	80%	da	da	50	0,4374	0,6055	0,4509	0,5072	0,6458	0,4913
15	<1	po danima	80%	da	da	100	0,4371	0,6058	0,4513	0,4714	0,6102	0,4619
16	<1	po danima	80%	da	da	200	0,2969	0,4640	0,3321	0,3150	0,4682	0,3374
17	<1	po danima	90%	da	da	1	0,3992	0,5759	0,4206	0,4647	0,6122	0,4587
18	<1	po danima	90%	da	da	50	0,4234	0,5954	0,4400	0,4945	0,6358	0,4814
19	<1	po danima	90%	da	da	100	0,4283	0,5985	0,4443	0,4546	0,5973	0,4490
20	<1	po danima	90%	da	da	200	0,2811	0,4513	0,3196	0,2930	0,4509	0,3204
21	<1	po danima	100%	da	da	1	0,3985	0,5754	0,4201	0,4649	0,6133	0,4592
22	<1	po danima	100%	da	da	50	0,4182	0,5919	0,4363	0,4922	0,6352	0,4805
23	<1	po danima	100%	da	da	100	0,4251	0,5970	0,4425	0,4494	0,5956	0,4465
24	<1	po danima	100%	da	da	200	0,2792	0,4505	0,3190	0,2884	0,4483	0,3179
25	<1	po danima	80%	ne	ne	1	0,6622	0,7600	0,6157	0,6668	0,7265	0,5932
26	<1	po danima	80%	ne	ne	50	0,6177	0,7182	0,5781	0,6963	0,7478	0,6146
27	<1	po danima	80%	ne	ne	100	0,6950	0,7687	0,6327	0,6063	0,6754	0,5461
28	<1	po danima	80%	ne	ne	200	0,4707	0,5707	0,4520	0,5038	0,5763	0,4614
29	<1	po danima	90%	ne	ne	1	0,6523	0,7493	0,6073	0,6684	0,7430	0,6026
30	<1	po danima	90%	ne	ne	50	0,6705	0,7673	0,6230	0,6865	0,7558	0,6156
31	<1	po danima	90%	ne	ne	100	0,6900	0,7838	0,6384	0,6127	0,6971	0,5600
32	<1	po danima	90%	ne	ne	200	0,3572	0,5043	0,3768	0,3821	0,5077	0,3831
33	<1	po danima	100%	ne	ne	1	0,6856	0,7869	0,6386	0,7121	0,7893	0,6436
34	<1	po danima	100%	ne	ne	50	0,6991	0,7977	0,6492	0,7123	0,7876	0,6430

SE	Postavke simulacijskog eksperimenta						Potražnja 100±10			Potražnja 100±50		
	Takt	Vrsta	PZPT	Sink.	BL	MVN	Varijanta	Varijanta	Varijanta	Varijanta	Varijanta	Varijanta
	dobave	PZPT	RV				A	B	C	A	B	C
35	<1	po danima	100%	ne	ne	100	0,6863	0,7885	0,6408	0,6623	0,7464	0,6052
36	<1	po danima	100%	ne	ne	200	0,3303	0,4967	0,3645	0,4058	0,5415	0,4113
37	<1	po danima	80%	ne	da	1	0,7001	0,7983	0,6496	0,7682	0,8317	0,6853
38	<1	po danima	80%	ne	da	50	0,7003	0,7977	0,6502	0,7724	0,8344	0,6881
39	<1	po danima	80%	ne	da	100	0,7381	0,8287	0,6800	0,7290	0,7967	0,6541
40	<1	po danima	80%	ne	da	200	0,5466	0,6612	0,5281	0,5268	0,6297	0,4994
41	<1	po danima	90%	ne	da	1	0,6882	0,7885	0,6401	0,7198	0,7933	0,6475
42	<1	po danima	90%	ne	da	50	0,7104	0,8063	0,6575	0,7307	0,8012	0,6555
43	<1	po danima	90%	ne	da	100	0,7118	0,8068	0,6590	0,6659	0,7470	0,6055
44	<1	po danima	90%	ne	da	200	0,3366	0,4996	0,3672	0,4704	0,5852	0,4556
45	<1	po danima	100%	ne	da	1	0,6861	0,7874	0,6390	0,7157	0,7926	0,6468
46	<1	po danima	100%	ne	da	50	0,6941	0,7941	0,6457	0,7367	0,8089	0,6627
47	<1	po danima	100%	ne	da	100	0,6910	0,7922	0,6446	0,6607	0,7457	0,6041
48	<1	po danima	100%	ne	da	200	0,3336	0,4994	0,3673	0,3992	0,5368	0,4064
49	<1	po proizvod.	80%	da	ne	1	0,7300	0,7948	0,6552	0,7544	0,7902	0,6538
50	<1	po proizvod.	80%	da	ne	50	0,7358	0,7918	0,6564	0,7729	0,8018	0,6666
51	<1	po proizvod.	80%	da	ne	100	0,6517	0,7199	0,5896	0,6770	0,7180	0,5909
52	<1	po proizvod.	80%	da	ne	200	0,5270	0,5985	0,4857	0,5662	0,6078	0,4989
53	<1	po proizvod.	90%	da	ne	1	0,5691	0,6877	0,5406	0,6061	0,6979	0,5529
54	<1	po proizvod.	90%	da	ne	50	0,5948	0,7062	0,5596	0,6137	0,7037	0,5586
55	<1	po proizvod.	90%	da	ne	100	0,5348	0,6528	0,5111	0,5511	0,6487	0,5091
56	<1	po proizvod.	90%	da	ne	200	0,4140	0,5281	0,4075	0,4265	0,5240	0,4052
57	<1	po proizvod.	100%	da	ne	1	0,4079	0,5811	0,4264	0,4745	0,6185	0,4650
58	<1	po proizvod.	100%	da	ne	50	0,4156	0,5870	0,4325	0,5016	0,6389	0,4853
59	<1	po proizvod.	100%	da	ne	100	0,4109	0,5831	0,4290	0,4558	0,5960	0,4486
60	<1	po proizvod.	100%	da	ne	200	0,2760	0,4438	0,3132	0,2928	0,4485	0,3190
61	<1	po proizvod.	80%	da	da	1	0,5880	0,7342	0,5761	0,6124	0,7331	0,5775
62	<1	po proizvod.	80%	da	da	50	0,6001	0,7436	0,5854	0,6366	0,7514	0,5955
63	<1	po proizvod.	80%	da	da	100	0,5943	0,7381	0,5807	0,5876	0,7069	0,5561
64	<1	po proizvod.	80%	da	da	200	0,4447	0,5868	0,4526	0,4190	0,5528	0,4208
65	<1	po proizvod.	90%	da	da	1	0,4960	0,6569	0,5122	0,5397	0,6739	0,5188
66	<1	po proizvod.	90%	da	da	50	0,5151	0,6720	0,5269	0,5607	0,6892	0,5342
67	<1	po proizvod.	90%	da	da	100	0,5078	0,6651	0,5210	0,5148	0,6461	0,4969
68	<1	po proizvod.	90%	da	da	200	0,3564	0,5131	0,3863	0,3443	0,4919	0,3608
69	<1	po proizvod.	100%	da	da	1	0,4036	0,5795	0,4362	0,4702	0,6176	0,4632
70	<1	po proizvod.	100%	da	da	50	0,4274	0,5989	0,4552	0,4909	0,6332	0,4787
71	<1	po proizvod.	100%	da	da	100	0,4295	0,5994	0,4568	0,4505	0,5947	0,4461
72	<1	po proizvod.	100%	da	da	200	0,2798	0,4502	0,3246	0,2876	0,4470	0,3166
73	<1	po proizvod.	80%	ne	ne	1	0,6823	0,7377	0,6200	0,7357	0,7579	0,6336
74	<1	po proizvod.	80%	ne	ne	50	0,6813	0,7367	0,6191	0,7289	0,7517	0,6281
75	<1	po proizvod.	80%	ne	ne	100	0,7308	0,7717	0,6548	0,7295	0,7473	0,6267
76	<1	po proizvod.	80%	ne	ne	200	0,5715	0,6299	0,5239	0,5806	0,6198	0,5110
77	<1	po proizvod.	90%	ne	ne	1	0,6464	0,7313	0,6037	0,6763	0,7344	0,6005
78	<1	po proizvod.	90%	ne	ne	50	0,7063	0,7786	0,6498	0,7054	0,7563	0,6221
79	<1	po proizvod.	90%	ne	ne	100	0,6069	0,6989	0,5725	0,5988	0,6714	0,5413
80	<1	po proizvod.	90%	ne	ne	200	0,4374	0,5506	0,4349	0,4464	0,5434	0,4241
81	<1	po proizvod.	100%	ne	ne	1	0,6751	0,7759	0,6459	0,6931	0,7710	0,6266
82	<1	po proizvod.	100%	ne	ne	50	0,6914	0,7887	0,6585	0,7039	0,7787	0,6344
83	<1	po proizvod.	100%	ne	ne	100	0,6807	0,7801	0,6502	0,6712	0,7490	0,6085
84	<1	po proizvod.	100%	ne	ne	200	0,3160	0,4810	0,3619	0,3854	0,5227	0,3933
85	<1	po proizvod.	80%	ne	da	1	0,8531	0,9250	0,7912	0,8279	0,8800	0,7329
86	<1	po proizvod.	80%	ne	da	50	0,8550	0,9265	0,7927	0,8564	0,9015	0,7540
87	<1	po proizvod.	80%	ne	da	100	0,8668	0,9340	0,8005	0,7757	0,8344	0,6917
88	<1	po proizvod.	80%	ne	da	200	0,6235	0,7244	0,6004	0,5663	0,6620	0,5311
89	<1	po proizvod.	90%	ne	da	1	0,7682	0,8545	0,7221	0,7591	0,8244	0,6781
90	<1	po proizvod.	90%	ne	da	50	0,7866	0,8689	0,7362	0,7621	0,8262	0,6802

Postavke simulacijskog eksperimenta							Potražnja 100±10			Potražnja 100±50		
SE	Takt dobave	Vrsta PZPT	PZPT	Sink. RV	BL	MVN	Varijanta A	Varijanta B	Varijanta C	Varijanta A	Varijanta B	Varijanta C
91	<1	po proizvod.	90%	ne da	100	0,7631	0,8497	0,7175	0,7180	0,7887	0,6459	
92	<1	po proizvod.	90%	ne da	200	0,5405	0,6560	0,5333	0,5066	0,6132	0,4833	
93	<1	po proizvod.	100%	ne da	1	0,6889	0,7891	0,6578	0,7087	0,7856	0,6398	
94	<1	po proizvod.	100%	ne da	50	0,7071	0,8035	0,6721	0,7181	0,7925	0,6467	
95	<1	po proizvod.	100%	ne da	100	0,7065	0,8028	0,6717	0,6613	0,7449	0,6029	
96	<1	po proizvod.	100%	ne da	200	0,3390	0,5018	0,3814	0,3876	0,5267	0,3963	
97	1	po danima	80%	da ne	1	0,2945	0,4557	0,3729	0,4567	0,5556	0,4750	
98	1	po danima	80%	da ne	50	0,3228	0,4757	0,3932	0,4429	0,5446	0,4645	
99	1	po danima	80%	da ne	100	0,4173	0,5431	0,4610	0,4860	0,5771	0,4964	
100	1	po danima	80%	da ne	200	0,3258	0,4740	0,3929	0,3730	0,4933	0,4139	
101	1	po danima	90%	da ne	1	0,2745	0,4429	0,3597	0,3681	0,5007	0,4178	
102	1	po danima	90%	da ne	50	0,2871	0,4520	0,3689	0,3719	0,5031	0,4204	
103	1	po danima	90%	da ne	100	0,2864	0,4506	0,3678	0,4307	0,5462	0,4632	
104	1	po danima	90%	da ne	200	0,2936	0,4547	0,3723	0,3504	0,4846	0,4032	
105	1	po danima	100%	da ne	1	0,2699	0,4415	0,3579	0,3348	0,4833	0,3994	
106	1	po danima	100%	da ne	50	0,2813	0,4511	0,3673	0,3363	0,4834	0,3998	
107	1	po danima	100%	da ne	100	0,3032	0,4693	0,3854	0,3300	0,4775	0,3947	
108	1	po danima	100%	da ne	200	0,2894	0,4585	0,3749	0,3599	0,5041	0,4203	
109	1	po danima	80%	da da	1	0,2780	0,4475	0,3639	0,3882	0,5249	0,4399	
110	1	po danima	80%	da da	50	0,3023	0,4675	0,3834	0,3962	0,5310	0,4458	
111	1	po danima	80%	da da	100	0,3363	0,4953	0,4106	0,4099	0,5404	0,4555	
112	1	po danima	80%	da da	200	0,4097	0,5558	0,4705	0,3994	0,5335	0,4489	
113	1	po danima	90%	da da	1	0,2705	0,4414	0,3579	0,3398	0,4861	0,4019	
114	1	po danima	90%	da da	50	0,2897	0,4573	0,3734	0,3520	0,4954	0,4111	
115	1	po danima	90%	da da	100	0,3217	0,4835	0,3991	0,3872	0,5223	0,4377	
116	1	po danima	90%	da da	200	0,3446	0,5032	0,4187	0,3643	0,5058	0,4216	
117	1	po danima	100%	da da	1	0,2705	0,4418	0,3583	0,3384	0,4867	0,4025	
118	1	po danima	100%	da da	50	0,2801	0,4501	0,3663	0,3581	0,5026	0,4180	
119	1	po danima	100%	da da	100	0,3020	0,4689	0,3848	0,3302	0,4782	0,3953	
120	1	po danima	100%	da da	200	0,2994	0,4682	0,3844	0,3567	0,5019	0,4180	
121	1	po danima	80%	ne ne	1	0,5347	0,6319	0,5503	0,6176	0,6647	0,5874	
122	1	po danima	80%	ne ne	50	0,5091	0,6062	0,5268	0,6405	0,6805	0,6033	
123	1	po danima	80%	ne ne	100	0,6807	0,7348	0,6541	0,6491	0,6858	0,6089	
124	1	po danima	80%	ne ne	200	0,6435	0,7048	0,6251	0,6302	0,6717	0,5951	
125	1	po danima	90%	ne ne	1	0,5197	0,6276	0,5441	0,5616	0,6364	0,5559	
126	1	po danima	90%	ne ne	50	0,5417	0,6451	0,5611	0,5972	0,6630	0,5821	
127	1	po danima	90%	ne ne	100	0,5670	0,6623	0,5787	0,5877	0,6557	0,5750	
128	1	po danima	90%	ne ne	200	0,5522	0,6484	0,5659	0,5425	0,6214	0,5414	
129	1	po danima	100%	ne ne	1	0,5141	0,6269	0,5427	0,5357	0,6304	0,5475	
130	1	po danima	100%	ne ne	50	0,5160	0,6286	0,5444	0,5252	0,6227	0,5400	
131	1	po danima	100%	ne ne	100	0,5103	0,6255	0,5415	0,5287	0,6257	0,5430	
132	1	po danima	100%	ne ne	200	0,5454	0,6556	0,5711	0,5562	0,6477	0,5646	
133	1	po danima	80%	ne da	1	0,5335	0,6423	0,5578	0,6095	0,6870	0,6027	
134	1	po danima	80%	ne da	50	0,5405	0,6483	0,5637	0,6013	0,6809	0,5967	
135	1	po danima	80%	ne da	100	0,5726	0,6743	0,5891	0,6667	0,7309	0,6455	
136	1	po danima	80%	ne da	200	0,5806	0,6812	0,5959	0,6578	0,7239	0,6394	
137	1	po danima	90%	ne da	1	0,5179	0,6297	0,5453	0,5739	0,6587	0,5747	
138	1	po danima	90%	ne da	50	0,5356	0,6438	0,5592	0,5762	0,6605	0,5764	
139	1	po danima	90%	ne da	100	0,5523	0,6574	0,5726	0,5864	0,6685	0,5843	
140	1	po danima	90%	ne da	200	0,5730	0,6760	0,5909	0,5826	0,6650	0,5813	
141	1	po danima	100%	ne da	1	0,5137	0,6267	0,5425	0,5383	0,6335	0,5503	
142	1	po danima	100%	ne da	50	0,5239	0,6352	0,5508	0,5692	0,6574	0,5736	
143	1	po danima	100%	ne da	100	0,5445	0,6528	0,5681	0,6062	0,6860	0,6017	
144	1	po danima	100%	ne da	200	0,5382	0,6488	0,5644	0,5662	0,6553	0,5721	
145	1	po proizvod.	80%	da ne	1	0,6251	0,6771	0,6094	0,6393	0,6678	0,5930	
146	1	po proizvod.	80%	da ne	50	0,6394	0,6872	0,6194	0,6538	0,6789	0,6038	

Postavke simulacijskog eksperimenta						Potražnja 100±10			Potražnja 100±50			
SE	Takt dobave	Vrsta PZPT	PZPT	Sink. RV	BL MVN	Varijanta A	Varijanta B	Varijanta C	Varijanta A	Varijanta B	Varijanta C	
147	1	po proizvod.	80%	da	ne	100	0,6963	0,7331	0,6639	0,6909	0,7081	0,6321
148	1	po proizvod.	80%	da	ne	200	0,5577	0,6180	0,5523	0,5727	0,6119	0,5404
149	1	po proizvod.	90%	da	ne	1	0,4389	0,5507	0,4801	0,4728	0,5613	0,4826
150	1	po proizvod.	90%	da	ne	50	0,4589	0,5664	0,4954	0,5066	0,5889	0,5090
151	1	po proizvod.	90%	da	ne	100	0,5383	0,6277	0,5553	0,5008	0,5827	0,5036
152	1	po proizvod.	90%	da	ne	200	0,4172	0,5302	0,4605	0,4263	0,5244	0,4471
153	1	po proizvod.	100%	da	ne	1	0,2789	0,4456	0,3715	0,3373	0,4819	0,3984
154	1	po proizvod.	100%	da	ne	50	0,2830	0,4490	0,3749	0,3354	0,4797	0,3966
155	1	po proizvod.	100%	da	ne	100	0,2790	0,4459	0,3718	0,3602	0,4978	0,4148
156	1	po proizvod.	100%	da	ne	200	0,2776	0,4451	0,3710	0,3527	0,4943	0,4111
157	1	po proizvod.	80%	da	da	1	0,4479	0,5892	0,5120	0,4665	0,5884	0,5027
158	1	po proizvod.	80%	da	da	50	0,4563	0,5958	0,5184	0,4767	0,5964	0,5104
159	1	po proizvod.	80%	da	da	100	0,4649	0,6030	0,5253	0,5100	0,6215	0,5351
160	1	po proizvod.	80%	da	da	200	0,4609	0,5996	0,5222	0,4729	0,5927	0,5074
161	1	po proizvod.	90%	da	da	1	0,3577	0,5139	0,4411	0,3914	0,5273	0,4424
162	1	po proizvod.	90%	da	da	50	0,3673	0,5217	0,4485	0,4114	0,5429	0,4577
163	1	po proizvod.	90%	da	da	100	0,3707	0,5245	0,4514	0,4400	0,5647	0,4790
164	1	po proizvod.	90%	da	da	200	0,3673	0,5220	0,4490	0,3984	0,5329	0,4483
165	1	po proizvod.	100%	da	da	1	0,2724	0,4429	0,3713	0,3337	0,4817	0,3976
166	1	po proizvod.	100%	da	da	50	0,2861	0,4542	0,3824	0,3426	0,4892	0,4048
167	1	po proizvod.	100%	da	da	100	0,3081	0,4726	0,4005	0,3775	0,5160	0,4311
168	1	po proizvod.	100%	da	da	200	0,3033	0,4708	0,3988	0,3637	0,5059	0,4220
169	1	po proizvod.	80%	ne	ne	1	0,5960	0,6457	0,5820	0,6916	0,7003	0,6282
170	1	po proizvod.	80%	ne	ne	50	0,6198	0,6645	0,6003	0,7033	0,7092	0,6369
171	1	po proizvod.	80%	ne	ne	100	0,6911	0,7193	0,6538	0,7565	0,7495	0,6764
172	1	po proizvod.	80%	ne	ne	200	0,7369	0,7546	0,6883	0,7215	0,7217	0,6496
173	1	po proizvod.	90%	ne	ne	1	0,5403	0,6232	0,5540	0,5784	0,6352	0,5584
174	1	po proizvod.	90%	ne	ne	50	0,6028	0,6723	0,6020	0,5766	0,6338	0,5571
175	1	po proizvod.	90%	ne	ne	100	0,6482	0,7077	0,6365	0,5935	0,6461	0,5693
176	1	po proizvod.	90%	ne	ne	200	0,6465	0,7068	0,6353	0,6127	0,6615	0,5842
177	1	po proizvod.	100%	ne	ne	1	0,5168	0,6260	0,5381	0,5276	0,6212	0,5387
178	1	po proizvod.	100%	ne	ne	50	0,5272	0,6345	0,5463	0,5306	0,6234	0,5409
179	1	po proizvod.	100%	ne	ne	100	0,5120	0,6227	0,5349	0,5109	0,6078	0,5260
180	1	po proizvod.	100%	ne	ne	200	0,5205	0,6298	0,5418	0,5576	0,6451	0,5623
181	1	po proizvod.	80%	ne	da	1	0,6802	0,7639	0,6728	0,6589	0,7272	0,6423
182	1	po proizvod.	80%	ne	da	50	0,6866	0,7687	0,6775	0,6797	0,7429	0,6578
183	1	po proizvod.	80%	ne	da	100	0,7080	0,7854	0,6939	0,6954	0,7550	0,6696
184	1	po proizvod.	80%	ne	da	200	0,6914	0,7730	0,6818	0,6588	0,7271	0,6424
185	1	po proizvod.	90%	ne	da	1	0,5952	0,6934	0,6036	0,5951	0,6755	0,5914
186	1	po proizvod.	90%	ne	da	50	0,6002	0,6973	0,6073	0,6328	0,7045	0,6197
187	1	po proizvod.	90%	ne	da	100	0,6096	0,7048	0,6147	0,6307	0,7029	0,6180
188	1	po proizvod.	90%	ne	da	200	0,5904	0,6896	0,5998	0,6224	0,6957	0,6117
189	1	po proizvod.	100%	ne	da	1	0,5160	0,6281	0,5395	0,5323	0,6273	0,5441
190	1	po proizvod.	100%	ne	da	50	0,5240	0,6348	0,5461	0,5713	0,6572	0,5733
191	1	po proizvod.	100%	ne	da	100	0,5682	0,6705	0,5810	0,5719	0,6577	0,5740
192	1	po proizvod.	100%	ne	da	200	0,5380	0,6481	0,5593	0,5865	0,6696	0,5859
193	3	po danima	80%	da	ne	1	0,3365	0,4686	0,4360	0,4940	0,5618	0,5281
194	3	po danima	80%	da	ne	50	0,4668	0,5600	0,5261	0,5141	0,5756	0,5418
195	3	po danima	80%	da	ne	100	0,4767	0,5673	0,5333	0,5009	0,5659	0,5322
196	3	po danima	80%	da	ne	200	0,4102	0,5144	0,4820	0,4507	0,5277	0,4950
197	3	po danima	90%	da	ne	1	0,2760	0,4301	0,3977	0,3949	0,5015	0,4676
198	3	po danima	90%	da	ne	50	0,3106	0,4540	0,4213	0,3949	0,5026	0,4686
199	3	po danima	90%	da	ne	100	0,3329	0,4720	0,4388	0,4090	0,5120	0,4779
200	3	po danima	90%	da	ne	200	0,3010	0,4456	0,4133	0,3427	0,4634	0,4301
201	3	po danima	100%	da	ne	1	0,2673	0,4269	0,3944	0,3235	0,4633	0,4294
202	3	po danima	100%	da	ne	50	0,2720	0,4315	0,3989	0,3466	0,4818	0,4475



Postavke simulacijskog eksperimenta						Potražnja 100±10			Potražnja 100±50			
SE	Takt dobave	Vrsta PZPT	PZPT	Sink. RV	BL MVN	Varijanta A	Varijanta B	Varijanta C	Varijanta A	Varijanta B	Varijanta C	
203	3	po danima	100%	da	ne	100	0,2790	0,4381	0,4054	0,3727	0,5027	0,4679
204	3	po danima	100%	da	ne	200	0,2834	0,4421	0,4094	0,3635	0,4956	0,4611
205	3	po danima	80%	da	da	1	0,2928	0,4475	0,4145	0,4204	0,5383	0,5027
206	3	po danima	80%	da	da	50	0,3086	0,4600	0,4268	0,4213	0,5388	0,5033
207	3	po danima	80%	da	da	100	0,3323	0,4799	0,4462	0,4295	0,5451	0,5093
208	3	po danima	80%	da	da	200	0,3211	0,4706	0,4373	0,4818	0,5854	0,5489
209	3	po danima	90%	da	da	1	0,2683	0,4275	0,3949	0,3585	0,4892	0,4544
210	3	po danima	90%	da	da	50	0,2795	0,4368	0,4040	0,3677	0,4960	0,4611
211	3	po danima	90%	da	da	100	0,2971	0,4509	0,4179	0,3897	0,5132	0,4779
212	3	po danima	90%	da	da	200	0,3591	0,5019	0,4678	0,3482	0,4818	0,4472
213	3	po danima	100%	da	da	1	0,2668	0,4267	0,3942	0,3521	0,4869	0,4523
214	3	po danima	100%	da	da	50	0,2800	0,4381	0,4054	0,3493	0,4848	0,4504
215	3	po danima	100%	da	da	100	0,2925	0,4493	0,4163	0,3797	0,5085	0,4735
216	3	po danima	100%	da	da	200	0,2922	0,4503	0,4175	0,3763	0,5076	0,4728
217	3	po danima	80%	ne	ne	1	0,5258	0,5970	0,5644	0,5646	0,6070	0,5740
218	3	po danima	80%	ne	ne	50	0,5336	0,6022	0,5696	0,5835	0,6223	0,5889
219	3	po danima	80%	ne	ne	100	0,5158	0,5886	0,5562	0,6280	0,6532	0,6195
220	3	po danima	80%	ne	ne	200	0,5158	0,5886	0,5562	0,5374	0,5865	0,5543
221	3	po danima	90%	ne	ne	1	0,3827	0,5092	0,4769	0,5049	0,5823	0,5481
222	3	po danima	90%	ne	ne	50	0,4021	0,5215	0,4891	0,4676	0,5548	0,5210
223	3	po danima	90%	ne	ne	100	0,4345	0,5445	0,5118	0,5009	0,5789	0,5448
224	3	po danima	90%	ne	ne	200	0,4216	0,5359	0,5031	0,5635	0,6268	0,5917
225	3	po danima	100%	ne	ne	1	0,3528	0,4945	0,4622	0,4436	0,5583	0,5235
226	3	po danima	100%	ne	ne	50	0,3589	0,4999	0,4675	0,4526	0,5644	0,5295
227	3	po danima	100%	ne	ne	100	0,3665	0,5088	0,4758	0,4539	0,5659	0,5311
228	3	po danima	100%	ne	ne	200	0,3380	0,4856	0,4533	0,3966	0,5221	0,4882
229	3	po danima	80%	ne	da	1	0,4500	0,5723	0,5382	0,5969	0,6752	0,6380
230	3	po danima	80%	ne	da	50	0,4491	0,5714	0,5373	0,6090	0,6844	0,6471
231	3	po danima	80%	ne	da	100	0,5511	0,6552	0,6188	0,5920	0,6715	0,6345
232	3	po danima	80%	ne	da	200	0,5573	0,6599	0,6234	0,6186	0,6903	0,6529
233	3	po danima	90%	ne	da	1	0,3721	0,5093	0,4765	0,4895	0,5898	0,5541
234	3	po danima	90%	ne	da	50	0,3899	0,5245	0,4914	0,4796	0,5821	0,5466
235	3	po danima	90%	ne	da	100	0,3895	0,5240	0,4909	0,4961	0,5949	0,5591
236	3	po danima	90%	ne	da	200	0,3455	0,4891	0,4564	0,4074	0,5273	0,4931
237	3	po danima	100%	ne	da	1	0,3671	0,5087	0,4756	0,4412	0,5575	0,5227
238	3	po danima	100%	ne	da	50	0,3451	0,4909	0,4583	0,4514	0,5647	0,5298
239	3	po danima	100%	ne	da	100	0,3982	0,5349	0,5013	0,4337	0,5511	0,5164
240	3	po danima	100%	ne	da	200	0,3386	0,4874	0,4549	0,3911	0,5190	0,4852
241	3	po proizvod.	80%	da	ne	1	0,5761	0,6236	0,5872	0,6051	0,6284	0,5952
242	3	po proizvod.	80%	da	ne	50	0,6368	0,6718	0,6342	0,6201	0,6396	0,6062
243	3	po proizvod.	80%	da	ne	100	0,7172	0,7345	0,6954	0,6786	0,6844	0,6500
244	3	po proizvod.	80%	da	ne	200	0,5615	0,6110	0,5760	0,5726	0,6023	0,5701
245	3	po proizvod.	90%	da	ne	1	0,4202	0,5229	0,4870	0,4599	0,5396	0,5059
246	3	po proizvod.	90%	da	ne	50	0,4436	0,5406	0,5043	0,4455	0,5287	0,4953
247	3	po proizvod.	90%	da	ne	100	0,4778	0,5677	0,5308	0,4721	0,5488	0,5150
248	3	po proizvod.	90%	da	ne	200	0,4160	0,5181	0,4830	0,4423	0,5254	0,4923
249	3	po proizvod.	100%	da	ne	1	0,2737	0,4289	0,3935	0,3192	0,4571	0,4233
250	3	po proizvod.	100%	da	ne	50	0,2753	0,4310	0,3955	0,3461	0,4787	0,4443
251	3	po proizvod.	100%	da	ne	100	0,2788	0,4335	0,3980	0,3223	0,4594	0,4256
252	3	po proizvod.	100%	da	ne	200	0,2707	0,4275	0,3920	0,3278	0,4655	0,4314
253	3	po proizvod.	80%	da	da	1	0,4264	0,5579	0,5198	0,4533	0,5651	0,5291
254	3	po proizvod.	80%	da	da	50	0,4323	0,5626	0,5244	0,4561	0,5673	0,5313
255	3	po proizvod.	80%	da	da	100	0,4538	0,5791	0,5406	0,4770	0,5830	0,5467
256	3	po proizvod.	80%	da	da	200	0,4804	0,6013	0,5622	0,4524	0,5647	0,5288
257	3	po proizvod.	90%	da	da	1	0,3438	0,4898	0,4560	0,3860	0,5109	0,4757
258	3	po proizvod.	90%	da	da	50	0,3544	0,4975	0,4636	0,3920	0,5154	0,4802



Postavke simulacijskog eksperimenta						Potražnja 100±10			Potražnja 100±50			
SE	Takt dobave	Vrsta PZPT	PZPT	Sink. RV	BL MVN	Varijanta A	Varijanta B	Varijanta C	Varijanta A	Varijanta B	Varijanta C	
259	3	po proizv.	90%	da	da	100	0,3602	0,5024	0,4683	0,3960	0,5191	0,4837
260	3	po proizv.	90%	da	da	200	0,3671	0,5078	0,4736	0,3815	0,5078	0,4728
261	3	po proizv.	100%	da	da	1	0,2661	0,4259	0,3934	0,3101	0,4525	0,4186
262	3	po proizv.	100%	da	da	50	0,2738	0,4322	0,3995	0,3435	0,4790	0,4445
263	3	po proizv.	100%	da	da	100	0,2895	0,4451	0,4123	0,3181	0,4590	0,4249
264	3	po proizv.	100%	da	da	200	0,2953	0,4518	0,4188	0,3401	0,4771	0,4427
265	3	po proizv.	80%	ne	ne	1	0,6125	0,6500	0,6173	0,6255	0,6409	0,6088
266	3	po proizv.	80%	ne	ne	50	0,6158	0,6524	0,6197	0,6231	0,6404	0,6081
267	3	po proizv.	80%	ne	ne	100	0,6356	0,6676	0,6345	0,6442	0,6551	0,6228
268	3	po proizv.	80%	ne	ne	200	0,6875	0,7100	0,6758	0,6280	0,6435	0,6114
269	3	po proizv.	90%	ne	ne	1	0,4861	0,5727	0,5401	0,5052	0,5739	0,5405
270	3	po proizv.	90%	ne	ne	50	0,4829	0,5702	0,5377	0,5243	0,5879	0,5543
271	3	po proizv.	90%	ne	ne	100	0,4942	0,5793	0,5466	0,5285	0,5917	0,5579
272	3	po proizv.	90%	ne	ne	200	0,6090	0,6705	0,6351	0,6354	0,6724	0,6371
273	3	po proizv.	100%	ne	ne	1	0,3548	0,4930	0,4616	0,4364	0,5492	0,5146
274	3	po proizv.	100%	ne	ne	50	0,3619	0,4990	0,4675	0,4411	0,5525	0,5179
275	3	po proizv.	100%	ne	ne	100	0,3599	0,4972	0,4657	0,4441	0,5547	0,5199
276	3	po proizv.	100%	ne	ne	200	0,3406	0,4841	0,4527	0,3804	0,5063	0,4727
277	3	po proizv.	80%	ne	da	1	0,4941	0,6088	0,5749	0,5535	0,6409	0,6044
278	3	po proizv.	80%	ne	da	50	0,4859	0,6019	0,5681	0,5606	0,6463	0,6097
279	3	po proizv.	80%	ne	da	100	0,5625	0,6646	0,6290	0,5568	0,6436	0,6070
280	3	po proizv.	80%	ne	da	200	0,4884	0,6058	0,5717	0,4978	0,5982	0,5626
281	3	po proizv.	90%	ne	da	1	0,4148	0,5435	0,5108	0,4900	0,5904	0,5547
282	3	po proizv.	90%	ne	da	50	0,4177	0,5457	0,5130	0,4922	0,5920	0,5562
283	3	po proizv.	90%	ne	da	100	0,4833	0,6002	0,5659	0,4391	0,5512	0,5163
284	3	po proizv.	90%	ne	da	200	0,4025	0,5355	0,5028	0,4271	0,5420	0,5073
285	3	po proizv.	100%	ne	da	1	0,3321	0,4798	0,4483	0,4369	0,5524	0,5175
286	3	po proizv.	100%	ne	da	50	0,3419	0,4875	0,4558	0,3810	0,5088	0,4749
287	3	po proizv.	100%	ne	da	100	0,3550	0,4974	0,4657	0,4272	0,5458	0,5111
288	3	po proizv.	100%	ne	da	200	0,3333	0,4805	0,4492	0,3788	0,5080	0,4743
289	5	po danima	80%	da	ne	1	0,5118	0,5843	0,5701	0,5593	0,6037	0,5886
290	5	po danima	80%	da	ne	50	0,5476	0,6154	0,6005	0,5484	0,5955	0,5806
291	5	po danima	80%	da	ne	100	0,5787	0,6382	0,6228	0,6370	0,6625	0,6462
292	5	po danima	80%	da	ne	200	0,5162	0,5901	0,5760	0,6064	0,6386	0,6229
293	5	po danima	90%	da	ne	1	0,3414	0,4793	0,4680	0,4395	0,5336	0,5199
294	5	po danima	90%	da	ne	50	0,3753	0,5032	0,4914	0,4500	0,5417	0,5279
295	5	po danima	90%	da	ne	100	0,4190	0,5329	0,5203	0,4769	0,5605	0,5462
296	5	po danima	90%	da	ne	200	0,3723	0,4985	0,4868	0,4326	0,5281	0,5145
297	5	po danima	100%	da	ne	1	0,3182	0,4675	0,4567	0,3982	0,5227	0,5096
298	5	po danima	100%	da	ne	50	0,3254	0,4735	0,4626	0,3803	0,5078	0,4950
299	5	po danima	100%	da	ne	100	0,3434	0,4883	0,4772	0,4086	0,5303	0,5170
300	5	po danima	100%	da	ne	200	0,3352	0,4828	0,4718	0,3949	0,5189	0,5059
301	5	po danima	80%	da	da	1	0,4229	0,5519	0,5392	0,4897	0,5913	0,5768
302	5	po danima	80%	da	da	50	0,4209	0,5492	0,5366	0,4922	0,5929	0,5783
303	5	po danima	80%	da	da	100	0,4423	0,5661	0,5531	0,4989	0,5983	0,5837
304	5	po danima	80%	da	da	200	0,4614	0,5824	0,5691	0,5036	0,6018	0,5871
305	5	po danima	90%	da	da	1	0,3364	0,4805	0,4693	0,4175	0,5337	0,5201
306	5	po danima	90%	da	da	50	0,3334	0,4789	0,4678	0,4220	0,5376	0,5238
307	5	po danima	90%	da	da	100	0,3425	0,4856	0,4743	0,4153	0,5322	0,5186
308	5	po danima	90%	da	da	200	0,4216	0,5498	0,5371	0,4027	0,5219	0,5085
309	5	po danima	100%	da	da	1	0,3184	0,4680	0,4572	0,3719	0,5016	0,4889
310	5	po danima	100%	da	da	50	0,3254	0,4739	0,4630	0,4000	0,5244	0,5113
311	5	po danima	100%	da	da	100	0,3336	0,4801	0,4691	0,3981	0,5221	0,5091
312	5	po danima	100%	da	da	200	0,3436	0,4898	0,4788	0,3853	0,5133	0,5004
313	5	po danima	80%	ne	ne	1	0,5761	0,6344	0,6195	0,6194	0,6475	0,6320
314	5	po danima	80%	ne	ne	50	0,5886	0,6444	0,6293	0,6464	0,6683	0,6524

Postavke simulacijskog eksperimenta						Potražnja 100±10			Potražnja 100±50			
SE	Takt dobave	Vrsta PZPT	PZPT	Sink. RV	BL MVN	Varijanta A	Varijanta B	Varijanta C	Varijanta A	Varijanta B	Varijanta C	
315	5	po danima	80%	ne	ne	100	0,6302	0,6768	0,6609	0,6619	0,6801	0,6640
316	5	po danima	80%	ne	ne	200	0,6879	0,7235	0,7065	0,6797	0,6939	0,6775
317	5	po danima	90%	ne	ne	1	0,4561	0,5639	0,5511	0,5241	0,5985	0,5840
318	5	po danima	90%	ne	ne	50	0,4702	0,5741	0,5610	0,5267	0,5997	0,5852
319	5	po danima	90%	ne	ne	100	0,4960	0,5935	0,5799	0,5286	0,6000	0,5855
320	5	po danima	90%	ne	ne	200	0,5246	0,6151	0,6011	0,5795	0,6397	0,6245
321	5	po danima	100%	ne	ne	1	0,4878	0,6102	0,5972	0,5239	0,6245	0,6102
322	5	po danima	100%	ne	ne	50	0,4862	0,6090	0,5960	0,5119	0,6143	0,6002
323	5	po danima	100%	ne	ne	100	0,5026	0,6217	0,6085	0,5302	0,6286	0,6142
324	5	po danima	100%	ne	ne	200	0,5011	0,6211	0,6080	0,5160	0,6183	0,6041
325	5	po danima	80%	ne	da	1	0,6313	0,7221	0,7063	0,6662	0,7316	0,7150
326	5	po danima	80%	ne	da	50	0,6275	0,7189	0,7031	0,6662	0,7314	0,7148
327	5	po danima	80%	ne	da	100	0,6392	0,7275	0,7115	0,6815	0,7432	0,7264
328	5	po danima	80%	ne	da	200	0,6312	0,7222	0,7064	0,7422	0,7902	0,7725
329	5	po danima	90%	ne	da	1	0,5362	0,6444	0,6302	0,5634	0,6499	0,6347
330	5	po danima	90%	ne	da	50	0,5350	0,6422	0,6280	0,5555	0,6439	0,6288
331	5	po danima	90%	ne	da	100	0,5499	0,6547	0,6402	0,5557	0,6441	0,6289
332	5	po danima	90%	ne	da	200	0,5305	0,6390	0,6250	0,6017	0,6795	0,6638
333	5	po danima	100%	ne	da	1	0,4896	0,6120	0,5989	0,5240	0,6248	0,6106
334	5	po danima	100%	ne	da	50	0,4946	0,6155	0,6024	0,5287	0,6287	0,6144
335	5	po danima	100%	ne	da	100	0,5068	0,6267	0,6134	0,5494	0,6454	0,6308
336	5	po danima	100%	ne	da	200	0,5166	0,6351	0,6217	0,5361	0,6353	0,6210
337	5	po proizv.	80%	da	ne	1	0,5992	0,6398	0,6252	0,6426	0,6541	0,6381
338	5	po proizv.	80%	da	ne	50	0,5916	0,6342	0,6197	0,6490	0,6592	0,6431
339	5	po proizv.	80%	da	ne	100	0,6567	0,6848	0,6691	0,6454	0,6561	0,6401
340	5	po proizv.	80%	da	ne	200	0,7339	0,7448	0,7277	0,7150	0,7107	0,6936
341	5	po proizv.	90%	da	ne	1	0,4710	0,5613	0,5488	0,4988	0,5675	0,5531
342	5	po proizv.	90%	da	ne	50	0,4737	0,5628	0,5503	0,4998	0,5685	0,5540
343	5	po proizv.	90%	da	ne	100	0,4952	0,5813	0,5683	0,5129	0,5788	0,5642
344	5	po proizv.	90%	da	ne	200	0,4628	0,5562	0,5439	0,4830	0,5563	0,5422
345	5	po proizv.	100%	da	ne	1	0,3212	0,4656	0,4558	0,3855	0,5089	0,4960
346	5	po proizv.	100%	da	ne	50	0,3281	0,4722	0,4621	0,3715	0,4979	0,4852
347	5	po proizv.	100%	da	ne	100	0,3304	0,4734	0,4634	0,3906	0,5122	0,4991
348	5	po proizv.	100%	da	ne	200	0,3220	0,4673	0,4574	0,3851	0,5075	0,4945
349	5	po proizv.	80%	da	da	1	0,4710	0,5916	0,5792	0,5015	0,6004	0,5857
350	5	po proizv.	80%	da	da	50	0,4736	0,5936	0,5812	0,5052	0,6033	0,5885
351	5	po proizv.	80%	da	da	100	0,4762	0,5950	0,5825	0,5244	0,6178	0,6027
352	5	po proizv.	80%	da	da	200	0,5289	0,6376	0,6242	0,4874	0,5894	0,5750
353	5	po proizv.	90%	da	da	1	0,3927	0,5269	0,5097	0,4351	0,5474	0,5335
354	5	po proizv.	90%	da	da	50	0,3967	0,5300	0,5127	0,4425	0,5532	0,5392
355	5	po proizv.	90%	da	da	100	0,4098	0,5403	0,5228	0,4296	0,5434	0,5296
356	5	po proizv.	90%	da	da	200	0,4132	0,5427	0,5252	0,4261	0,5411	0,5274
357	5	po proizv.	100%	da	da	1	0,3197	0,4678	0,4519	0,3850	0,5110	0,4980
358	5	po proizv.	100%	da	da	50	0,3258	0,4729	0,4569	0,3896	0,5139	0,5009
359	5	po proizv.	100%	da	da	100	0,3433	0,4874	0,4711	0,4110	0,5309	0,5175
360	5	po proizv.	100%	da	da	200	0,3514	0,4952	0,4789	0,3992	0,5232	0,5100
361	5	po proizv.	80%	ne	ne	1	0,7865	0,7882	0,7658	0,6829	0,6865	0,6702
362	5	po proizv.	80%	ne	ne	50	0,7013	0,7208	0,7000	0,6605	0,6689	0,6529
363	5	po proizv.	80%	ne	ne	100	0,7003	0,7208	0,7000	0,7417	0,7311	0,7140
364	5	po proizv.	80%	ne	ne	200	0,7415	0,7523	0,7309	0,7631	0,7471	0,7296
365	5	po proizv.	90%	ne	ne	1	0,5293	0,6096	0,5919	0,5531	0,6118	0,5970
366	5	po proizv.	90%	ne	ne	50	0,5196	0,6016	0,5840	0,5620	0,6186	0,6037
367	5	po proizv.	90%	ne	ne	100	0,5394	0,6165	0,5986	0,5868	0,6374	0,6221
368	5	po proizv.	90%	ne	ne	200	0,5237	0,6065	0,5892	0,6707	0,7017	0,6852
369	5	po proizv.	100%	ne	ne	1	0,4722	0,5941	0,5790	0,5103	0,6109	0,5967
370	5	po proizv.	100%	ne	ne	50	0,4859	0,6038	0,5886	0,5043	0,6061	0,5920

Postavke simulacijskog eksperimenta						Potražnja 100±10			Potražnja 100±50			
SE	Takt dobave	Vrsta PZPT	PZPT	Sink. RV	BL MVN	Varijanta A	Varijanta B	Varijanta C	Varijanta A	Varijanta B	Varijanta C	
371	5	po proizvod.	100%	ne	ne	100	0,4989	0,6150	0,5995	0,5279	0,6236	0,6091
372	5	po proizvod.	100%	ne	ne	200	0,4968	0,6129	0,5975	0,5384	0,6315	0,6168
373	5	po proizvod.	80%	ne	da	1	0,6059	0,7012	0,6837	0,6110	0,6874	0,6715
374	5	po proizvod.	80%	ne	da	50	0,6080	0,7021	0,6845	0,6039	0,6813	0,6656
375	5	po proizvod.	80%	ne	da	100	0,6111	0,7054	0,6877	0,6252	0,6968	0,6808
376	5	po proizvod.	80%	ne	da	200	0,6173	0,7101	0,6923	0,6263	0,6975	0,6815
377	5	po proizvod.	90%	ne	da	1	0,5300	0,6395	0,6232	0,5478	0,6371	0,6222
378	5	po proizvod.	90%	ne	da	50	0,5286	0,6376	0,6214	0,5540	0,6409	0,6259
379	5	po proizvod.	90%	ne	da	100	0,5380	0,6458	0,6293	0,5469	0,6359	0,6209
380	5	po proizvod.	90%	ne	da	200	0,5467	0,6520	0,6355	0,5345	0,6276	0,6128
381	5	po proizvod.	100%	ne	da	1	0,4859	0,6076	0,5924	0,5225	0,6235	0,6091
382	5	po proizvod.	100%	ne	da	50	0,4884	0,6086	0,5933	0,4872	0,5943	0,5804
383	5	po proizvod.	100%	ne	da	100	0,4942	0,6134	0,5980	0,5151	0,6148	0,6006
384	5	po proizvod.	100%	ne	da	200	0,4923	0,6126	0,5973	0,5247	0,6221	0,6077
385	10	po danima	80%	da	ne	1	0,6839	0,7182	0,7191	0,6802	0,6942	0,6951
386	10	po danima	80%	da	ne	50	0,7042	0,7361	0,7368	0,6953	0,7063	0,7070
387	10	po danima	80%	da	ne	100	0,6839	0,7188	0,7198	0,6882	0,7019	0,7028
388	10	po danima	80%	da	ne	200	0,6948	0,7292	0,7301	0,6944	0,7074	0,7082
389	10	po danima	90%	da	ne	1	0,5570	0,6435	0,6488	0,5963	0,6549	0,6586
390	10	po danima	90%	da	ne	50	0,5546	0,6425	0,6479	0,5971	0,6552	0,6589
391	10	po danima	90%	da	ne	100	0,5841	0,6651	0,6699	0,5896	0,6497	0,6535
392	10	po danima	90%	da	ne	200	0,6233	0,6959	0,7000	0,5789	0,6406	0,6445
393	10	po danima	100%	da	ne	1	0,5004	0,6187	0,6265	0,5635	0,6568	0,6626
394	10	po danima	100%	da	ne	50	0,5046	0,6226	0,6304	0,5447	0,6418	0,6479
395	10	po danima	100%	da	ne	100	0,5237	0,6383	0,6458	0,5480	0,6440	0,6501
396	10	po danima	100%	da	ne	200	0,5909	0,6933	0,6997	0,5951	0,6793	0,6846
397	10	po danima	80%	da	da	1	0,6613	0,7476	0,7526	0,6968	0,7571	0,7609
398	10	po danima	80%	da	da	50	0,6631	0,7489	0,7538	0,7051	0,7644	0,7681
399	10	po danima	80%	da	da	100	0,6561	0,7427	0,7477	0,7192	0,7758	0,7793
400	10	po danima	80%	da	da	200	0,7185	0,7930	0,7969	0,7263	0,7807	0,7841
401	10	po danima	90%	da	da	1	0,5244	0,6357	0,6429	0,5787	0,6644	0,6698
402	10	po danima	90%	da	da	50	0,5254	0,6366	0,6438	0,5766	0,6621	0,6675
403	10	po danima	90%	da	da	100	0,5273	0,6385	0,6457	0,6113	0,6889	0,6938
404	10	po danima	90%	da	da	200	0,5903	0,6881	0,6941	0,6174	0,6939	0,6987
405	10	po danima	100%	da	da	1	0,4984	0,6176	0,6255	0,5644	0,6581	0,6640
406	10	po danima	100%	da	da	50	0,5061	0,6257	0,6336	0,5518	0,6493	0,6554
407	10	po danima	100%	da	da	100	0,5154	0,6334	0,6412	0,5842	0,6731	0,6787
408	10	po danima	100%	da	da	200	0,5821	0,6868	0,6934	0,5541	0,6495	0,6555
409	10	po danima	80%	ne	ne	1	0,8162	0,8271	0,8259	0,8075	0,7958	0,7951
410	10	po danima	80%	ne	ne	50	0,9891	0,9634	0,9589	0,8385	0,8190	0,8178
411	10	po danima	80%	ne	ne	100	0,8554	0,8597	0,8578	0,8277	0,8122	0,8112
412	10	po danima	80%	ne	ne	200	1,0000	0,9716	0,9668	0,8524	0,8299	0,8285
413	10	po danima	90%	ne	ne	1	0,7482	0,8019	0,8041	0,7335	0,7662	0,7682
414	10	po danima	90%	ne	ne	50	0,7401	0,7948	0,7971	0,7366	0,7685	0,7705
415	10	po danima	90%	ne	ne	100	0,7832	0,8290	0,8305	0,7419	0,7723	0,7742
416	10	po danima	90%	ne	ne	200	0,9455	0,9577	0,9562	0,7589	0,7864	0,7881
417	10	po danima	100%	ne	ne	1	0,7877	0,8594	0,8629	0,8056	0,8534	0,8564
418	10	po danima	100%	ne	ne	50	0,7787	0,8544	0,8582	0,8159	0,8625	0,8655
419	10	po danima	100%	ne	ne	100	0,7745	0,8522	0,8563	0,8323	0,8762	0,8789
420	10	po danima	100%	ne	ne	200	0,7829	0,8600	0,8640	0,7987	0,8519	0,8553
421	10	po danima	80%	ne	da	1	0,9390	0,9776	0,9782	0,9787	0,9832	0,9835
422	10	po danima	80%	ne	da	50	0,9401	0,9790	0,9797	0,9745	0,9797	0,9801
423	10	po danima	80%	ne	da	100	0,9275	0,9681	0,9689	0,9520	0,9632	0,9639
424	10	po danima	80%	ne	da	200	0,9681	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
425	10	po danima	90%	ne	da	1	0,7660	0,8365	0,8400	0,7864	0,8320	0,8349
426	10	po danima	90%	ne	da	50	0,7706	0,8401	0,8435	0,7928	0,8369	0,8396

Postavke simulacijskog eksperimenta						Potražnja 100±10			Potražnja 100±50		
SE	Takt dobave	Vrsta PZPT	PZPT	Sink. RV	BL MVN	Varijanta A	Varijanta B	Varijanta C	Varijanta A	Varijanta B	Varijanta C
427	10	po danima	90%	ne da	100	0,7846	0,8519	0,8551	0,7981	0,8407	0,8434
428	10	po danima	90%	ne da	200	0,8088	0,8704	0,8731	0,8383	0,8715	0,8736
429	10	po danima	100%	ne da	1	0,7714	0,8487	0,8527	0,7886	0,8423	0,8457
430	10	po danima	100%	ne da	50	0,7818	0,8579	0,8618	0,8139	0,8642	0,8674
431	10	po danima	100%	ne da	100	0,7854	0,8615	0,8654	0,8053	0,8564	0,8596
432	10	po danima	100%	ne da	200	0,8222	0,8916	0,8949	0,8425	0,8846	0,8873
433	10	po proizv.	80%	da ne	1	0,7129	0,7320	0,7306	0,7191	0,7153	0,7151
434	10	po proizv.	80%	da ne	50	0,8171	0,8143	0,8109	0,7286	0,7234	0,7230
435	10	po proizv.	80%	da ne	100	0,7493	0,7605	0,7584	0,7258	0,7208	0,7205
436	10	po proizv.	80%	da ne	200	0,7829	0,7870	0,7842	0,7718	0,7566	0,7556
437	10	po proizv.	90%	da ne	1	0,5979	0,6662	0,6688	0,6097	0,6572	0,6602
438	10	po proizv.	90%	da ne	50	0,6122	0,6777	0,6802	0,6103	0,6575	0,6605
439	10	po proizv.	90%	da ne	100	0,6330	0,6956	0,6977	0,6386	0,6795	0,6820
440	10	po proizv.	90%	da ne	200	0,5867	0,6598	0,6629	0,5958	0,6480	0,6513
441	10	po proizv.	100%	da ne	1	0,4958	0,6118	0,6184	0,5358	0,6314	0,6374
442	10	po proizv.	100%	da ne	50	0,5010	0,6160	0,6225	0,5342	0,6300	0,6361
443	10	po proizv.	100%	da ne	100	0,5030	0,6188	0,6253	0,5354	0,6302	0,6361
444	10	po proizv.	100%	da ne	200	0,5770	0,6783	0,6835	0,5833	0,6697	0,6751
445	10	po proizv.	80%	da da	1	0,6242	0,7171	0,7216	0,6327	0,7069	0,7116
446	10	po proizv.	80%	da da	50	0,6276	0,7198	0,7243	0,6304	0,7045	0,7091
447	10	po proizv.	80%	da da	100	0,6342	0,7252	0,7295	0,6426	0,7143	0,7189
448	10	po proizv.	80%	da da	200	0,6908	0,7702	0,7735	0,6659	0,7315	0,7356
449	10	po proizv.	90%	da da	1	0,5479	0,6547	0,6610	0,5794	0,6631	0,6684
450	10	po proizv.	90%	da da	50	0,5517	0,6578	0,6640	0,5685	0,6560	0,6615
451	10	po proizv.	90%	da da	100	0,5580	0,6627	0,6688	0,5839	0,6671	0,6724
452	10	po proizv.	90%	da da	200	0,6158	0,7086	0,7137	0,6106	0,6896	0,6945
453	10	po proizv.	100%	da da	1	0,4928	0,6118	0,6192	0,5440	0,6411	0,6472
454	10	po proizv.	100%	da da	50	0,4965	0,6150	0,6223	0,5424	0,6397	0,6459
455	10	po proizv.	100%	da da	100	0,5042	0,6214	0,6286	0,5457	0,6425	0,6486
456	10	po proizv.	100%	da da	200	0,5701	0,6753	0,6814	0,5624	0,6544	0,6602
457	10	po proizv.	80%	ne ne	1	0,8562	0,8506	0,8476	0,8297	0,8050	0,8034
458	10	po proizv.	80%	ne ne	50	0,8712	0,8625	0,8592	0,8613	0,8294	0,8274
459	10	po proizv.	80%	ne ne	100	0,9093	0,8926	0,8886	0,8459	0,8175	0,8157
460	10	po proizv.	80%	ne ne	200	0,9424	0,9192	0,9146	0,8482	0,8216	0,8199
461	10	po proizv.	90%	ne ne	1	0,8183	0,8477	0,8475	0,7475	0,7693	0,7706
462	10	po proizv.	90%	ne ne	50	0,7706	0,8107	0,8114	0,7518	0,7725	0,7738
463	10	po proizv.	90%	ne ne	100	0,8053	0,8383	0,8384	0,7643	0,7824	0,7836
464	10	po proizv.	90%	ne ne	200	0,7603	0,8037	0,8047	0,7423	0,7676	0,7692
465	10	po proizv.	100%	ne ne	1	0,7717	0,8442	0,8478	0,8258	0,8666	0,8692
466	10	po proizv.	100%	ne ne	50	0,7595	0,8362	0,8402	0,8200	0,8620	0,8646
467	10	po proizv.	100%	ne ne	100	0,7814	0,8527	0,8562	0,8209	0,8622	0,8648
468	10	po proizv.	100%	ne ne	200	0,8308	0,8916	0,8942	0,7584	0,8172	0,8209
469	10	po proizv.	80%	ne da	1	0,8197	0,8797	0,8823	0,8046	0,8460	0,8486
470	10	po proizv.	80%	ne da	50	0,8194	0,8795	0,8820	0,8116	0,8515	0,8540
471	10	po proizv.	80%	ne da	100	0,8207	0,8805	0,8831	0,8277	0,8637	0,8660
472	10	po proizv.	80%	ne da	200	0,8779	0,9265	0,9280	0,8371	0,8710	0,8731
473	10	po proizv.	90%	ne da	1	0,7585	0,8306	0,8342	0,7661	0,8161	0,8193
474	10	po proizv.	90%	ne da	50	0,7601	0,8319	0,8355	0,7683	0,8185	0,8217
475	10	po proizv.	90%	ne da	100	0,7650	0,8358	0,8393	0,7703	0,8199	0,8231
476	10	po proizv.	90%	ne da	200	0,8160	0,8761	0,8786	0,7944	0,8382	0,8410
477	10	po proizv.	100%	ne da	1	0,7622	0,8402	0,8443	0,7822	0,8364	0,8399
478	10	po proizv.	100%	ne da	50	0,7626	0,8407	0,8447	0,7856	0,8395	0,8429
479	10	po proizv.	100%	ne da	100	0,7687	0,8458	0,8498	0,7897	0,8423	0,8456
480	10	po proizv.	100%	ne da	200	0,8190	0,8856	0,8886	0,8368	0,8780	0,8806

# ŽIVOTOPIS

Samir Žic rođen je 15. kolovoza 1979. godine u Rijeci. Nakon završetka Prve sušačke hrvatske gimnazije u Rijeci 1997. godine, upisao je Sveučilišni studij strojarstva na Tehničkom fakultetu u Rijeci. Diplomirao je 2004. godine s diplomskim radom pod naslovom Odabir vodenog hlađenja CPU jedinice računala, pod vodstvom mentora prof. dr. sc. Zorana Mrše.

Po završetku studija, 2005. godine se zapošljava se u tvrtki Trea Trade d.o.o. kao Menadžer kvalitete, a od 2008. godine zaposlen je na Tehničkom fakultetu Sveučilišta u Rijeci, na radnom mjestu asistenta na Zavodu za industrijsko inženjerstvo i management, katedri za Organizaciju i operacijski management. Sudjeluje u nastavi izvođenjem vježbi iz predmeta: Management i organizacijski razvoj, Organizacija i ekonomika, Organizacija i ekonomika poslovnih sustava, Organizacija i upravljanje proizvodnjom te Planiranje i upravljanje proizvodnjom.

Studijski boravak na stranim znanstvenim ustanovama, u ukupnom trajanju duljem od šest mjeseci, proveo je na University Jan Evangelista Purkyně, Faculty of Production Technology and Management, Tomas Bata University in Zlin, Faculty of Technology, Czech Technical University in Prague, Faculty of Mechanical Engineering i Univerzitetu u Novom Sadu, Fakultetu tehničkih nauka.

U koautorstvu je izradio 11 znanstvenih radova u časopisima i zbornicima domaćih i međunarodnih skupova. Aktivno se služi engleskim jezikom.

## PREGLED OBJAVLJENIH RADOVA

### Znanstveni radovi u CC, SCI ili SCIEEx bazama

1. Žic S., Džambas I., Ikonić M., *Possibilities Of Implementing Bimetallic Hammer Castings In Crushing Industries*, Metalurgija, 48 (1), 51-54, 2009.
2. Žic S., Hadžić H., Ikonić M., *Portfolio Analysis – A Useful Management Tool*, Tehnički vjesnik, 16 (4), 101-105, 2009.

**Znanstveni radovi u zbornicima skupova s međunarodnom recenzijom**

1. Žic S., Gregov G., Žic J., *Benefits of implementing E-procurement*, 4th International Conference ICTKI 2012, New Technology Knowledge and Information 2012, Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyne v Ústí n. Labem (UJEP), 286-289, 2012.
2. Doboviček S., Pavletić D., Mikac T., Ikonić M., Žic S., *Qualification Program For Developing New Parts In Automotive Industry*, The 6th International Working Conference "Total Quality Management – Advanced and Intelligent Approaches", Beograd, 113-117, 2011.
3. Gregov G., Žic S., Kršulja M., Barišić B., Kudlaček J., *Some Considerations on a Molding Simulation for a Polyethylene Product*, International Conference on Innovative Technologies IN-TECH, Prag, 790-793, 2011.
4. Žic S., Žic J., Meštrović T., *Improvement Of Coal Fired Power Plant's Performance By Use Of Wear Resistant Components*, 9th international conference on advanced manufacturing systems and technology, AMST '11, Udine : Faculty of Engineering, Rijeka, Croatia, 519-527, 2011.
5. Gregov G., Marohnić T., Žic S., *Computer Simulation Of A Laboratory Hydraulic System*, Proceeding of International Conference on Innovative Technologies, In-Tech 2010, Prague, 448-452, 2010.
6. Žic S., Ikonić M., Gljuščić M., *Human resource management and NHS scheme of job evaluation*, Proceeding of International Conference on Innovative Technologies, In-Tech 2010, Prague, 231-233, 2010.
7. Žic S., Mikac, Tonči; Doboviček S., *Application Of Adl Matrix In Developed Industrial Companies*, Annals of DAAAM for 2009 & Proceedings The 20th INTERNATIONAL DAAAM SYMPOSIUM "Intelligent Manufacturing & Automation: Theory, Practice & Education", Vienna, 677-678, 2009.

**Sažeci u zbornicima skupova**

1. Žic S., Hadžić H., Ikonić M., *Portfolio Analysis – A Useful Management Tool*, 9th International Symposium of Croatian Metallurgical Society „Material and Metallurgy“, Zagreb, 240-240, 2010.

**Kongresno priopćenje (sažeci) u ostalim časopisima**

1. Žic S., Džambas I., Ikonić M., *Possibilities Of Implementing Bimetallic Hammer Castings In Crushing Industries*, Metallurgy, 47 (3), Zagreb, 281-281, 2008.