

UNIVERZITET U BEOGRADU

SAOBRAĆAJNI FAKULTET

Milan M. Andrejić

**MODELI MERENJA I UNAPREĐENJA  
EFIKASNOSTI LOGISTIČKIH PROCESA  
DISTRIBUCIJE PROIZVODA**

Doktorska disertacija

Beograd, 2015.

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF TRANSPORT AND TRAFFIC ENGINEERING

Milan M. Andrejić

**MODELS FOR MEASURING AND IMPROVING  
EFFICIENCY OF LOGISTICS PROCESSES IN  
PRODUCT DISTRIBUTION**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2015.

# Komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije

Mentor:

Dr **Nebojša Bojović**, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet

Članovi komisije:

Dr **Milorad Kilibarda**, vanredni profesor, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet

Dr **Svetlana Nikoličić**, docent, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka

Datum odbrane: \_\_\_\_\_

# **Izjava zahvalnosti**

*Posebnu zahvalnost dugujem supruzi na stručnoj pomoći, deci na beskrajnoj motivaciji, roditeljima i bratu na iskrenoj podršci.*

# **Modeli merenja i unapređenja efikasnosti logističkih procesa distribucije proizvoda**

## **REZIME**

Moderna tržišta karakteriše izrazito zahtevna kompetencijska borba kompanija u cilju opstanka i postizanja konkurentnosti. Pred kompanijama je postavljen izazov koji podrazumeva pronalaženje optimalnog odnosa između ostvarenih ciljeva i utrošenih resursa. Jedan od osnovnih pokazatelja koji opisuje ovaj odnos jeste efikasnost. Postupak merenja i praćenja efikasnosti u proizvodnim kompanijama u velikoj meri se razlikuje od postupka merenja i praćenja efikasnosti u uslužnim kompanijama. Opipljivost i laka merljivost finalnog proizvoda, kao i upotrebljenih resursa, u velikoj meri olakšavaju merenje efikasnosti proizvodnih procesa. Nasuprot tome, proizvod logističkih kompanija, kao tipičnih uslužnih kompanija, najčešće su transportne, skladišne, pretovarno-manipulativne, špediterske i druge usluge u čijoj realizaciji se angažuju heterogeni resursi kao što su skladišni prostor, vreme, radna snaga, sredstva mehanizacije, energija, itd. Njihovu upotrebu nije lako izmeriti. Predmet istraživanja ove disertacije jeste merenje i unapređenje efikasnosti logističkih procesa koji se pojavljuju u procesu distribucije proizvoda, kao i utvrđivanje uticaja različitih faktora na ukupnu efikasnost. Merenje i unapređenje efikasnosti logističkih procesa u distribuciji proizvoda predstavlja kompleksan proces koji zahteva sagledavanje svih podsistema, procesa i aktivnosti, kao i uticaja različitih finansijskih, operativnih, ekoloških, kvalitativnih i drugih faktora. Za razliku od pristupa u literaturi koji su bazirani na parcijalnom merenju efikasnosti, u ovoj disertaciji je razvijen novi hibridni pristup merenja i unapređenja efikasnosti logističkih procesa, koji integriše različite tipove efikasnosti uz istovremeno merenje i definisanje korektivnih akcija. U ovoj disertaciji razvijeni su novi modeli merenja i unapređenja efikasnosti logističkih procesa distribucije proizvoda. Razvijeni modeli su podeljeni u dve grupe. U prvom

delu su razvijeni modeli merenja i unapređenja efikasnosti distributivnih centara i logističkih procesa koji se realizuju u njima. U okviru ovog dela razvijen je model za merenje efikasnosti distributivnih centara kao čvorova u distributivnim kanalima uz prisustvo velikog broja pokazatelja. U istom delu je razvijen i model merenja efikasnosti logističkih procesa u distributivnim centrima čiju osnovu čini pristup dekompozicije efikasnosti. U disertaciji je razvijena i druga grupa modela za merenje i unapređenje efikasnosti distributivnih kanala i logističkih procesa koji se pojavljuju u njima. Razvijeni modeli pružaju informacije o korektivnim akcijama kojima se može unaprediti efikasnost. Pored prethodno navedenog identifikovani su glavni faktori koji utiču na efikasnost. Razvijeni modeli testirani su na različitim realnim sistemima. Analiza rezultata pokazuje izuzetnu pogodnost primene razvijenih pristupa za merenje i unapređenje efikasnosti logističkih sistema procesa.

*Ključne reči: distributivni sistemi, logistički procesi, efikasnost*

*Naučna oblast: Logistika*

*Uža naučna oblast: Poslovna logistika i špedicija*

*UDK: 656.07:005(043.3)*

*656.07:519.8(043.3)*

# **MODELS FOR MEASURING AND IMPROVING EFFICIENCY OF LOGISTICS PROCESSES IN PRODUCT DISTRIBUTION**

## **Abstract:**

The modern markets are characterized by extremely challenging market competition. In order to survive companies need to find optimal relation between desired objectives (outputs) and used resources. One of the main indicators that describes this relationship is efficiency. The process of measuring and monitoring the efficiency of manufacturing companies largely differs from the process of measuring and monitoring the efficiency of the service companies. Easy measurability and tangibility of the final product, as well as the resources used in the production process greatly facilitate the efficiency of manufacturing processes. In contrast, the product of the logistics companies, as typical service companies, usually are transport, warehouse, handling, forwarding and other services. In the realization of mentioned services different resources like warehouse space, time, labor, energy, material handling equipment, information, etc. which engagement are not easy measured. The subject of this thesis is to measure, monitor and improve the efficiency of logistics processes that appear in the process of product distribution, as well as to determine the influence of various factors on the overall efficiency. The process of measuring and improving the efficiency of logistics processes in the distribution of products is a complex process that requires consideration of all subsystems, processes and activities, as well as the impact of various financial, operational, environmental, quality and other factors. In contrast to approaches in the literature that are based on partial measurement of efficiency in this dissertation a new integrative approach for measuring and improving the

efficiency of the logistics process, which integrates different types of efficiency. This approach simultaneously measure efficiency and defining corrective actions. New models for measuring and improving efficiency of logistics processes in product distribution are developed in this dissertation. Models are divided in two groups. The first group of models refer to measuring and improving efficiency of distribution centres and logistics processes in distribution centres. Model for measuring the efficiency of distribution centers as nodes in the distribution channels in the presence of a large number of indicators is proposed in this part. The second group of models developed in dissertation relate to measuring and improving efficiency of distribution chanel and logistics processes logistics that are realized in them. As mention factors that affects efficiency are also identified. Developed models are tested at different real systems. Analysis of the results shows a great applicability of the developed approach for measuring and improving the efficiency of logistics systems and processes.

*Keywords: distribution systems, logistics processes, efficiency*

*Scientific area: Logistics*

*Field of Academic Expertise: Business logistics and freigh forwarding*

*UDC: 656.07:005(043.3)*

*656.07:519.8(043.3)*



# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Osnovne postavke – motiv za izbor teme.....	1
1.2. Metodologija istraživanja.....	4
2. PREDMET, CILJ I PROBLEMI ISTRAŽIVANJA.....	7
2.1. Osnovni pojmovi i definicije .....	7
2.2. Predmet i cilj istraživanja .....	13
2.2.1. Predmet istraživanja .....	13
2.2.1. Cilj istraživanja .....	15
2.3. Problemi merenja efikasnosti distribucije.....	16
2.4. Hipoteze istraživanja.....	18
3. LOGISTIČKI PROCESI I DISTRIBUCIJA PROIZVODA .....	19
3.1. Mesto i uloga distributivnih kanala .....	19
3.2. Tipovi distributivnih kanala .....	25
3.3. Značaj logističkih procesa u distribuciji proizvoda.....	28
3.4. Perspektiva razvoja logističkih procesa distribucije proizvoda.....	30
4. PREGLED RELEVANTNE LITERATURE I POSTOJEĆIH PRISTUPA MERENJA EFIKASNOSTI U LOGISTICI.....	35
4.1. Različiti pristupi merenja efikasnosti u logistici .....	37
4.1.1. Merenje efikasnosti u skladištima i distributivnim centrima .....	38
4.1.2. Merenje efikasnosti u transportnim sistemima .....	40
4.1.3. Merenje efikasnosti lanaca snabdevanja.....	42
4.2. Osnovni pristupi merenja efikasnosti.....	52
4.2.1. Analiza obavljanja podataka .....	52
4.2.2. PCA-DEA pristup.....	55
5. MODELI MERENJA I UNAPREĐENJA EFIKASNOSTI LOGISTIČKIH PROCESA U DISTRIBUTIVNIM CENTRIMA .....	61
5.1. Merenje efikasnosti distributivnih centara u mreži .....	61

5.1.1. Definisanje i grupisanje pokazatelja .....	63
5.1.2. Redukcija broja pokazatelja .....	66
5.1.3. Razvoj PCA-DEA logističkih (PCA-DEA-LOG) modela za analizu efikasnosti distributivnih centara u prisustvu velikog broja različitih pokazatelja.....	67
5.1.4. Testiranje modela na primeru distributivnih centara.....	72
5.2. Merenje efikasnosti logističkih procesa u distributivnim centrima .....	77
5.2.1. Model dekompozicije efikasnosti distributivnih centara – DECLOG model.....	77
5.2.2. Primena DECLOG modela na primeru distributivnih centara trgovačkih kompanija .....	80
5.3. Unapređenje efikasnosti distributivnih centara.....	87
5.3.1. Organizacione promene .....	87
5.3.2. Promene u opremi i kapacitetima.....	89
5.3.3. Smanjenje potrošnje energije .....	92
6. MODELI MERENJA I UNAPREĐENJA EFIKASNOSTI LOGISTIČKIH PROCESA U KANALIMA DISTRIBUCIJE.....	97
6.1. Model merenja efikasnosti distributivnih kanala .....	98
6.1.1. Opis modela.....	98
6.1.2. Merenje efikasnosti distributivnih kanala.....	100
6.2. Merenje efikasnosti logističkih procesa u distributivnim kanalima .....	103
6.2.1. Osnovni procesi u distributivnom kanalu .....	103
6.2.2. Razvoj scenarija.....	106
6.2.3. Merenje efikasnosti logističkih procesa .....	107
6.3. Unapređenje efikasnosti logističkih procesa u distributivnim kanalima .....	112
6.3.1. Unapređenje informacionog sistema.....	113
6.3.2. Smanjenje grešaka.....	114
6.3.3. Povećanje iskorišćenosti.....	117
6.3.4. Povećanje izlaznih veličina .....	118
7. PRIMENA MODELA I TESTIRANJE HIPOTEZA.....	120
7.1. Testiranje modela na realnim primerima .....	121
7.1.1. Merenje energetske efikasnosti na primeru hladnjača .....	121
7.1.2. Merenje efikasnosti transportnih procesa u industriji pića.....	124
7.1.3. Merenje efikasnosti transportnih procesa u trgovini .....	127
7.2. Testiranje hipoteza.....	131
8. ZAKLJUČAK.....	145
LITERATURA.....	148

## Pregled slika

Slika 1.1.	Metodologija rada .....	5
Slika 2.1.	Efikasnost i efektivnost lanaca snabdevanja .....	8
Slika 2.2.	Piramida performansi .....	10
Slika 2.3.	Lanci snabdevanja trgovinskih kompanija.....	14
Slika 2.4.	Nivoi odlučivanja i merenja performansi .....	16
Slika 2.5.	Konflikt ciljeva različitih sektora .....	17
Slika 3.1.	Merenje efikasnosti na različitim nivoima posmatranja.....	20
Slika 3.2.	Mesto i uloga distributivnih centara u distributivnoj mreži .....	21
Slika 3.3.	Tokovi u distributivnim kanalima .....	23
Slika 3.4.	Tipovi distributivnih kanala.....	25
Slika 3.5.	Intenzitet distribucije .....	27
Slika 3.6.	Logistički miks.....	28
Slika 4.1.	Različiti uticaji na performanse distribucije.....	36
Slika 4.2.	Ulazno–izlazna struktura logističkih sistema .....	37
Slika 4.3.	Opšta struktura merenja efikasnosti lanaca snabdevanja .....	46
Slika 4.4.	Izvršnost lanaca snabdevanja.....	49
Slika 4.5.	Polje istraživanja .....	52
Slika 5.1.	Koncept razvoja modela merenja efikasnosti logističkih sistema ...	62
Slika 5.2.	Distributivni centri i osnovni podsistemi .....	81
Slika 5.3.	Efikasnosti distributivnih centara i njegovih podsistema.....	85
Slika 6.1.	Logistički procesi i aktivnosti u distribuciji proizvoda .....	105
Slika 7.1.	Prostorni raspored distributivnih centara.....	128
Slika 7.2.	Rezultati testiranja hipoteza.....	144

## Pregled tabela

Tabela 3.1.	Tokovi u distribuciji proizvoda.....	23
Tabela 4.1.	Indikatori efikasnosti u distributivnim centrima i skladištima .....	39
Tabela 4.2.	Indikatori efikasnosti u transportnim sistemima.....	41
Tabela 4.3.	Različiti pristupi definisanja efikasnosti u lancima snabdevanja.....	43
Tabela 4.4.	Indikatori efikasnosti u lancima snabdevanja .....	44
Tabela 5.1.	Najčešće korišćeni pokazatelji u distributivnim centrima.....	64
Tabela 5.2.	Rezultati analize glavnih komponenti indikatora efikasnosti DC..	73
Tabela 5.3.	Rezultujuće efikasnosti primenom različitih modela za merenje efikasnosti distributivnih sistema.....	75
Tabela 5.4.	Osnovni pokazatelji rada skladišnih i transportnih podsistema distributivnih centara .....	82
Tabela 5.5.	Efikasnost distributivnih centara primenom DECLOG modela.....	83
Tabela 5.6.	Efikasnost skladišnog i transportnog podsistema .....	86
Tabela 5.7.	Smanjenje broja viljuškara i vozila za distribuciju.....	89
Tabela 5.8.	Smanjenje broja zaposlenih i veličine objekta.....	91
Tabela 5.9.	Smanjenje potrošnje goriva i električne energije .....	93
Tabela 5.10.	Smanjenje troškova održavanja vozila i potrošnje ostalih energenata.....	95
Tabela 5.11.	Efikasnost DC pre i posle sprovođenja korektivnih akcija.....	96
Tabela 6.1.	Indikatori za merenje efikasnosti distributivnih kanala.....	99
Tabela 6.2.	Značaj pojedinih faktora za procenu efikasnosti distributivnih kanala.....	101
Tabela 6.3.	Efikasnost različitih distributivnih kanala .....	102
Tabela 6.4.	Efikasnosti procesa u posmatranom distributivnom kanalu .....	108
Tabela 6.5.	Analiza glavnih komponenti procesa skladištenja.....	109
Tabela 6.6.	Analiza glavnih komponenti procesa transporta.....	110
Tabela 6.7.	Analiza glavnih komponenti procesa upravljanja zalihama.....	111
Tabela 6.8.	Unapređenje efikasnosti logističkih procesa u distributivnim kanalima.....	112

Tabela 7.1.	Deskriptivna statistika ulaznih i izlaznih veličina skladišta hladnjača.....	122
Tabela 7.2.	Rezultujuće efikasnosti hladnjača .....	123
Tabela 7.3.	Pokazatelji transportnih procesa kompanija za proizvodnju i distribuciju pića.....	125
Tabela 7.4.	Rezultati analize glavnih komponenti.....	126
Tabela 7.5.	Rezultujuće efikasnosti transportnih procesa kompanija za proizvodnju i distribuciju pića.....	127
Tabela 7.6.	Ulazne i izlazne veličine za merenje efikasnosti transportnih procesa.....	129
Tabela 7.7.	Efikasnost transportnih procesa trgovačkih kompanija.....	130
Tabela 7.8.	Rezultati testiranja hipoteze H1a.....	132
Tabela 7.9.	Rezultati testiranja hipoteze H1b .....	132
Tabela 7.10.	Rezultati testiranja hipoteza H1c i H1d.....	133
Tabela 7.11.	Rezultati testiranja hipoteza H3a i H3c .....	137
Tabela 7.12.	Rezultati testiranja hipoteza H4a – H4d.....	139
Tabela 7.13.	Efikasnosti transportnih procesa pre i posle primene korektivnih akcija.....	142
Tabela 7.14.	Efikasnosti skladišta pre i posle primene korektivnih akcija .....	143

# Spisak skraćenica i izraza

ALI – Prosečni logistički indeks (*eng. Average Logistic Index*)

AHP – Analitički hijerarhijski proces (*eng. Analytic Hierarchy process*)

ANP – Analitički mrežni proces (*eng. Analytic Network Process*)

*Benchmarking (eng.)* – upoređivanje sa vrednostima (ili kompanijama) koje predstavljaju neku vrstu standarda (repera)

CS – Zadovoljstvo korisnika (*eng. Customer Satisfaction*)

DC – Distributivni centar (*eng. Distribution Center*)

DEA – Analiza obavijanja podataka (*eng. Data Envelopment Analysis*)

DMU – Jedinica odlučivanja (*eng. Decision Making Unit*)

DP – preciznost isporuke (*eng. Delivery Precision*)

DS – Količina isporučene robe u isporuci pića (*eng. drop size*)

ECR – Efikasan odgovor na zahteve klijenata (*eng. Efficient Consumer Response*)

*Efficax (lat.)* – efikasnost

FIFO – Sistem upravljanja zalihama kod koga se proizvodi koji su prvi prispeli u skladište prvo isporučuju (*eng. Fisrt In First Out*)

*FTE* – stepen uposlenosti radnika (*eng. Full Time Equivalent*)

GPS – Sistem globalnog pozicioniranja (*eng. Global Positionig System*)

JIT – Koncept proizvodnje bez ili sa minimalnim zalihama (*eng. Just In Time*)

KPI – Ključni indikatori performansi (*eng. Key Performance Indicators*)

KS – Komisioni sistem

LT – Vreme isporuke (*eng. Lead Time*)

*Lean concept (eng.)* – Koncept eliminacije beskorisnih aktivnosti u procesima rada

MI – Malmkvistov indeks (*eng. Malmquist index*)

MODEA – višeciljna analiza obavijanja podataka (*eng. Multiple Objective Data Envelopment Analysis*)

N.J. – Novčana jedinica

OVE – Opšta efektivnost vozila (*eng. Overall Vehicle Effectiveness*)

*Outsourcing (eng.)* – Izvršenje određenih usluga od strane specijalizovanih kompanija

PC – Glavne komponente (*eng. Principal Components*)

PCA – Analize glavnih komponenti (*eng. Principal Component Analysis*)

QFD – Pristup za razvoj i unapređenje kvaliteta proizvoda i usluga (*eng. Quality Function Deployment*)

RFID – Radio-frekventna identifikacija proizvoda (*eng. Radio Frequency Identification*)

SCC – Troškovi lanaca snabdevanja (*eng. Supply Chain Cost*)

Shoow Room (*eng.*)– Specijalni tipovi maloprodajnih objekata

SCM – Upravljanje lancima snabdevanja (*eng. Supply Chain Management*)

SE – Efikasnost obima poslovanja (*eng. Scale Efficiency*)

Single ratio indicator (*eng.*) – parcijalni pokazatelj

SFA – Analize stohastičkih granica (*eng. Stochastic Frontiers Analysis*)

PME – Sistem merenja performansi (*eng. Performance Measurement System*)

PTE – Čista tehnička efikasnost (*eng. Pure Technical Efficiency*)

Pull Flow (*eng.*) – Vučeni tok

Push Flow (*eng.*) – Gurani tok

TE – Tehnička efikasnost (*eng. Technical Efficiency*)

TMS – Sistem upravljanja transportom (*eng. Transport Management System*)

VAL – Usluge koje dodaju vrednost (*eng. Value-added Logistics Services*)

WMS – Sistem upravljanja skladištem (*eng. Warehouse Management System*)

# 1. UVOD

Savremeno poslovanje prvenstveno podrazumeva izrazito zahtevnu tržišnu borbu, bez obzira na to da li se radi o proizvodnji ili pružanju usluga u bilo kojoj grani industrije. Merodavnu veličinu prisustva kompanija na određenim tržištima danas, pre svega, predstavljaju kupci proizvoda tj. korisnici usluga. Stepenn njihovog zadovoljstva i ponovna kupovina su jedan od značajnih elemenata preko kojih se može opstati, ali i postati lider na tržištu. Oštra konkurencija zahteva da organizovanost kompanija postane centralna determinanta poslovanja, a aktivnosti koje se sprovode budu potpuno usklađene i finansijski isplative, kako za nosioca, tako i korisnika proizvoda (usluga). Na odluku kupca o kupovini u velikoj meri utiču performanse kompanije, odnosno njenih proizvoda (usluga). U tom smislu evidentna je potreba za merenjem i praćenjem performansi. Može se reći da uspeh kompanija u 21. veku u najvećoj meri zavisi od stepena razvijenosti sistema za merenje i praćenje performansi.

## 1.1. OSNOVNE POSTAVKE – MOTIV ZA IZBOR TEME

Nezavisno od vrste sistema pojavljuje se potreba za praćenjem i kvantifikovanjem efekata poslovanja. Jedan od osnovnih pokazatelja je definisanje odnosa uloženi resursa i ostvarenih ciljeva. U literaturi je pomenuti odnos poznatiji kao efikasnost. Efikasnost je reč latinskog porekla (*lat. efficax*) koja znači uspešnost. Efikasnost je višestruko definisana, tako da ne postoji univerzalna i



opšteprihvaćena definicija efikasnosti. Zajedničko za većinu pristupa u literaturi je činjenica da se pojam efikasnost vezuje za što bolju iskorišćenost resursa uz istovremeno pružanje što većeg obima usluga.

U postupku definisanja logističkih performansi prisutni su različiti aspekti posmatranja. Neke od karakteristika logističkih usluga (poput neopipljivosti, prolaznosti, jednovremenosti, heterogenosti itd.), kao i usmerenost logističkih sistema na korisnike, dovele su do razvoja vrlo raznovrsnih modela merenja i praćenja performansi. Evidentan je nedostatak modela merenja i praćenja efikasnosti logističkih sistema primenljivih u praksi. Ovo potvrđuje relativno mali broj radova i modela testiranih na realnim primerima. Iz pomenutog razloga u ovoj disertaciji razvijeni su modeli za potrebe realnih sistema. Testiranjem na konkretnim numeričkim primerima dokazana je njihova upotrebna vrednost.

Postupak merenja i praćenja efikasnosti u proizvodnim kompanijama u velikoj meri se razlikuje od postupka merenja i praćenja efikasnosti u uslužnim kompanijama. Da bi se načinio izlaz koriste se materijali, sirovine i komponente od kojih u proizvodnom procesu nastaje finalni proizvod. Opipljivost i laka merljivost finalnog proizvoda, kao i upotrebljenih resursa u velikoj meri olakšavaju merenje efikasnosti proizvodnih procesa. Nasuprot tome kod uslužnih kompanija finalni proizvod je realizovana usluga koja je po svojoj prirodi prolaznog karaktera, neopipljiva i kvantitativno nemerljiva, za čiju upotrebu se angažuju različiti resursi kao što su prostor, vreme, angažovana radna snaga, itd. Transportne, skladišne, pretovarno-manipulativne i špeditorske usluge osnovni su proizvod logističkih kompanija za čiju realizaciju je neophodno angažovati različite resurse kao što su transportna i pretovarno-manipulativna sredstva, skladišni prostor, vreme, radna snaga, energija i itd. Kompleksnost, integrisanost i međusobna uslovljenost kako angažovanih resursa, tako i realizovanih usluga dodatno otežava sam proces merenja efikasnosti logističkih procesa.

Efikasni logistički sistemi i procesi pružaju višestruku korist. Pre svega, smanjuju se troškovi usled boljeg korišćenja resursa, povećava se brzina i kvalitet realizovanih usluga, ali se takođe povećava i vrednost isporučena korisniku, a samim tim i zadovoljstvo i lojalnost korisnika. Efikasni logistički sistemi često

pozitivno utiču na ostale učesnike u lancima snabdevanja i to najpre kroz povećanje brzine razmene informacija, ali i kroz druge prateće aspekte.

Trgovina predstavlja jednu od najstarijih privrednih delatnosti. Trgovina je značajna kako za proizvođače, tako i za same potrošače. Za proizvođače je značajna situacija kada se nosioci trgovinskih aktivnosti pojavljuju kao zastupnici proizvođača. Sa druge strane trgovina, predstavlja izvor ponude za potrošače. Veliki deo robnih i finansijskih tokova u jednoj zemlji realizuje se u trgovinskim lancima. Trgovačke kompanije daleko veću pažnju i značaj posvećuju proizvodima, njihovim cenama i promociji nego logističkim procesima neophodnim za uspešnu distribuciju proizvoda. To je posebno izraženo sa robom široke potrošnje. Sa porastom proizvodnje i sve većom ponudom proizvoda, robni i finansijski tokovi postaju sve intenzivniji. Koncentracija proizvodnje i sve veća udaljenost proizvođača od krajnjih potrošača dovodi do problema njihovog povezivanja. Isporuka proizvoda od mesta proizvodnje do potrošača poznatija je kao distribucija. Distribucija obuhvata sve aktivnosti i procese plasmana proizvoda od proizvođača do krajnjeg korisnika. Od uspešnosti realizacije procesa distribucije u velikoj meri zavisi razvoj privrede i tržišta.

Brojni logistički procesi i aktivnosti se odvijaju u trgovinskom sektoru. Učešće troškova distribucije proizvoda pokazuje tendenciju porasta u ukupnoj ceni proizvoda. Poslednjih godina u akademskoj literaturi i preduzetničkoj praksi se pridaje se sve veći značaj distribuciji proizvoda i logističkim aktivnostima koje se pojavljuju u ovom procesu. U tom smislu prisutnost različitih logističkih provajdera u trgovinskim lancima je sve veća. Od efikasnosti logističkih aktivnosti zavisi zadovoljstvo korisnika, ali i poslovanje čitavog lanca.

Kada je reč o efikasnosti logističkih procesa i aktivnosti, onda se najpre misli na efikasnost operacija. Iz pomenutog razloga je i broj radova koji analizira operativnu efikasnost najveći. Međutim, osim operativne, u zavisnosti od kriterijuma moguće je definisati i kvalitativnu, ekološku, energetska, vremensku, troškovnu i druge tipove efikasnosti. Pomenuti tipovi efikasnosti, osim logističkih sistema karakterišu i logističke podsisteme, procese, aktivnosti, ali i celokupne lance snabdevanja, pa je moguće definisati: efikasnost aktivnosti, efikasnost

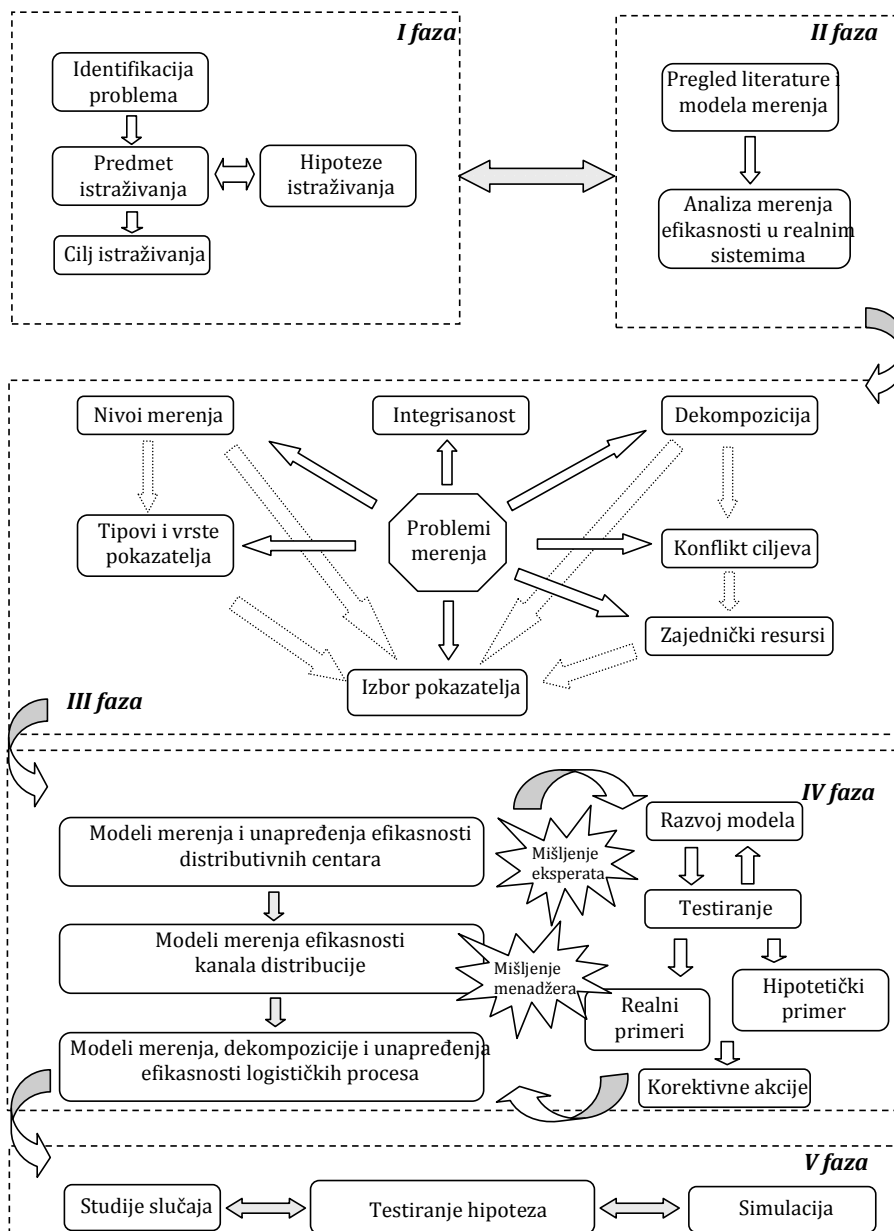
procesa, efikasnost podsistema, efikasnost sistema i efikasnost lanca. Nedovoljna istraženost pomenute oblasti, kao i značaj merenja, praćenja i unapređenja efikasnosti, kako za nosioce, tako i za korisnike logističkih usluga i ostale učesnike u lancu osnovni su motiv ovog istraživanja.

## **1.2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA**

Za razvoj modela merenja efikasnosti pored opštih naučnih metoda istraživanja (analiza, sinteza, indukcija, dedukcija i analogija), u postupku realizacije korišćene su različite metode i tehnike kao što su: analiza obavijanja podataka (*Data Envelopment Analysis – DEA*), analiza glavnih komponenti (*Principal Component Analysis – PCA*), statistička obrada rezultata, itd. Samo istraživanje sprovedeno je u više faza (slika 1.1).

Prva faza istraživanja realizovana je kroz više međusobno uslovljenih koraka. Početni korak u ovoj doktorskoj disertaciji predstavlja identifikacija problema. Nakon identifikacije problema i utvrđivanja značaja merenja, praćenja i unapređenja efikasnosti distribucije proizvoda u trgovinskim lancima, definisan je predmet istraživanja. U skladu sa predmetom identifikovani su opšti i pojedinačni ciljevi istraživanja. Kao rezultat prve faze istraživanja postavljene su osnovne hipoteze.

U drugoj fazi istraživanja detaljno su analizirana dosadašnja dostignuća u literaturi i praksi. Na sistematičan način su prikazani osnovni modeli merenja efikasnosti logističkih procesa. Osim modela merenja efikasnosti u skladišnom i transportnom sektoru, istraženi su modeli merenja efikasnosti u lancima snabdevanja. U ovoj fazi su sagledani i aspekti merenja efikasnosti, kao i korišćeni indikatori.



**Slika 1.1.** Metodologija rada

Na osnovu stanja u literaturi i praksi, u trećoj fazi su identifikovani i raščlanjeni problemi merenja i unapređenja efikasnosti. Problemi poput nivoa merenja, vrste pokazatelja, integrisanosti i dekompozicije detaljnije su istraženi u trećoj fazi. Dodatne poteškoće u tretiranju ovih zadataka predstavljaju međusobni uticaji i uslovljenost pomenutih fenomena. Tako, na primer, problem izbora pokazatelja, koji je u literaturi tretiran kao početni problem, u situaciji konfliktnih ciljeva, zajedničkih resursa i nivoa merenja dobija dodatno na značaju.

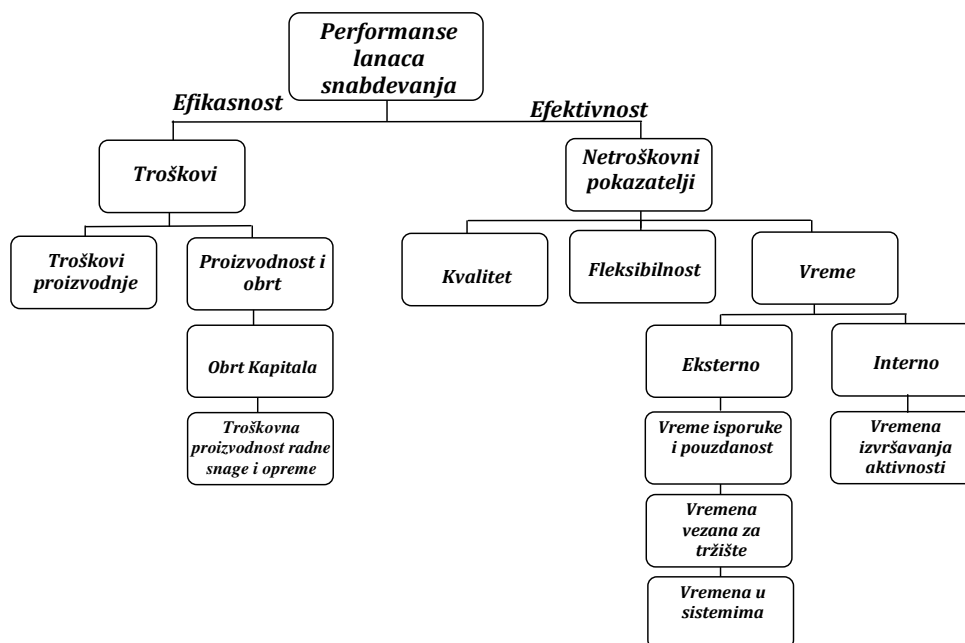
Četvrta faza predstavlja "jezgro istraživanja". U ovoj fazi su rešavani prethodno definisani problemi merenja i unapređenja efikasnosti. U prvom delu su razvijeni modeli merenja i unapređenja efikasnosti logističkih sistema sa posebnim akcentom na distributivnim centrima i procesima u njemu kao čvorovima u distributivnim kanalima. Jedan od glavnih problema rešavan u ovoj fazi jeste problem merenja efikasnosti uz prisustvo velikog broja pokazatelja (problem izbora pokazatelja). Nakon toga razvijen je model za merenje efikasnosti distributivnih kanala koji u velikoj meri može pomoći donosiocima odluka u procesu odlučivanja. U ovoj fazi poseban akcenat je dat modelima merenja i unapređenja efikasnosti logističkih procesa. Za potrebe razvoja ovih modela pre svega je izvršena dekompozicija osnovnih procesa i aktivnosti. Modeli razvijeni u ovoj fazi testirani su na realnim i hipotetičkim primerima. U poslednjoj fazi izvršeno je detaljnije analiziranje i testiranje hipoteza postavljenih na početku istraživanja. Na osnovu polaznih hipoteza definisane su pothipoteze koje su testirane primenom modela razvijenih u prethodnoj fazi na brojnim konkretnim uzorcima, kao i primerima koji su rezultat simulacije. Na samom kraju rada izneta su zaključna razmatranja, kao i pravci budućih istraživanja.

## 2. PREDMET, CILJ I PROBLEMI ISTRAŽIVANJA

U ovom poglavlju detaljnije je definisan predmet i cilj istraživanja disertacije. Postavljene su pretpostavke i ograničenja u postupku razvoja modela. Detaljno su sagledani i opisani problemi merenja efikasnosti logističkih procesa distribucije proizvoda. Na osnovu predmeta, ciljeva i problema merenja postavljene su osnovne hipoteze koje su u radu detaljno istražne i testirane.

### 2.1. OSNOVNI POJMOVI I DEFINICIJE

Efikasnost predstavlja predmet dugogodišnjeg istraživanja u literaturi. Radi boljeg sagledavanja konteksta ove problematike neophodno je na početku definisati osnovne termine i pojmove. S obzirom na veliki broj radova u literaturi koji se bave ovom problematikom, kao i različitosti samih pristupa, ne postoji univerzalna i opšteprihvaćena definicija efikasnosti. Dugo je produktivnost radne snage smatrana pokazateljem efikasnosti (Farrell 1957). Gleason i Barnum (1982) naglašavaju da se pod pojmom *efektivnost* najčešće podrazumeva stepen ostvarenja ciljeva ("raditi prave stvari"), dok se pod pojmom *efikasnost* podrazumeva ostvarivanje tih ciljeva na što bolji način ("raditi stvari na pravi način"). Eyong (2009) u efikasnost svrstava troškovne mere i definiše je kao meru u kojoj kompanija koristi resurse da bi pružila određeni nivo zadovoljstva korisnika. Sa druge strane efektivnost, definiše kao netroškovnu meru i definiše je kao opseg u kome se zahtevi korisnika ispunjavaju (slika 2.1).



**Slika 2.1.** Efikasnost i efektivnost lanaca snabdevanja (prilagođeno prema Eyong, 2009)

Min i Joo (2006) smatraju da **operativna efikasnost**, koja se može predstaviti kao količnik ulaza i izlaza, može dati dobru sliku o funkcionisanju kompanije (sistema). Autori naglašavaju da je ovakav pristup izuzetno pogodan i primenjiv na logističke sisteme, kao kompleksne sisteme. Drugi naziv za operativnu efikasnost prema njima je efikasnost funkcionisanja. Ovaj termin se vezuje za osnovne pokazatelje koji daju opštu sliku funkcionisanja sistema. Isoraite (2005) pojam efikasnost vezuje za finansijske pokazatelje. Autor definiše efikasnost kao troškove po jedinici izlaza, a efektivnost definiše kao stepen ispunjenja postavljenih nefinansijskih standarda (određenih kvalitativnih pokazatelja). Produktivnost definiše kao vrstu efektivnosti koja je izražena u ekonomskim pokazateljima. **Transportna efektivnost** se može definisati kao sposobnost transportne organizacije da zadovolji interne i eksterne ciljeve (Isoraite, 2005).

Praćenje i unapređenje produktivnosti značajno je kako za proizvodne kompanije, tako i za logističke kompanije. **Produktivnost** se može predstaviti kao opšta mera ekonomske efikasnosti (Stainer 1997). Stainer (1997) razgraničava pojmove efikasnost, efektivnost i produktivnost na sledeći način. Efektivnost predstavlja sposobnost kompanije da ispuni ciljeve, efikasnost predstavlja odnos između postojećih i ciljnih performansi, dok produktivnost predstavlja

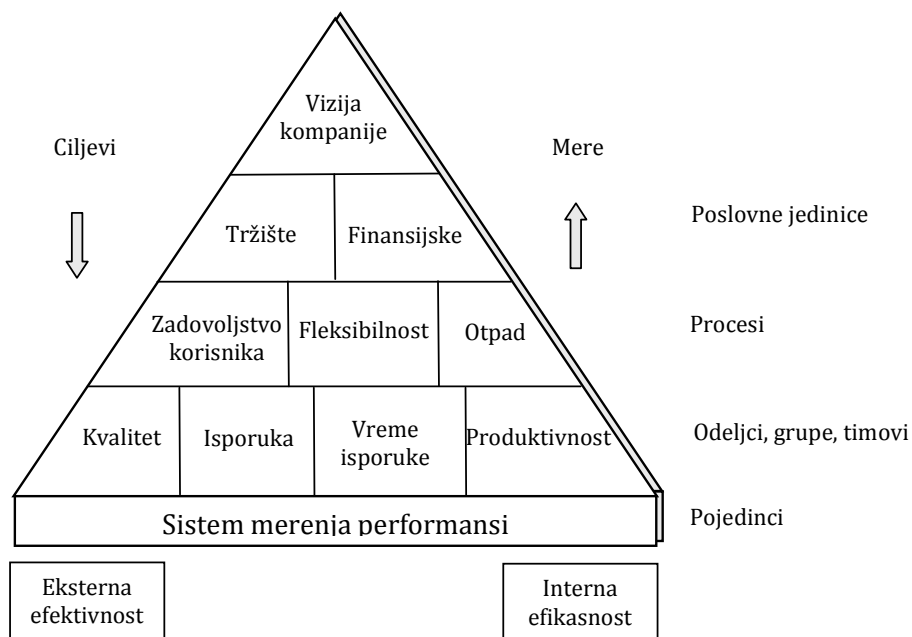
kombinaciju prethodne dve veličine i predstavlja se kao mera performansi troškova upotrebljenih resursa. **Produktivnost u uslužnoj delatnosti** isti autor definiše kao količnik indeksa kvaliteta usluga i indeksa ukupnih troškova. Sva tri pojma, efikasnost, efektivnost i produktivnost, povezana su i gotovo da proizilaze jedan iz drugog. Upravo zbog toga nastaju polemike i različite definicije ovih pojmova. Efikasnost se može definisati i kao odnos korišćenih i planiranih resursa. Na sličan način se definiše i efektivnost. Naime, efektivnost predstavlja odnos ostvarenih i očekivanih izlaza. U tom smislu je resurse moguće koristiti efikasno, ali neefektivno<sup>1</sup>.

Murphy (1992) uočava i ističe probleme u definisanju pojmova efikasnost, efektivnost i produktivnost. Efektivnost definiše kao stepen zadovoljenja prethodno definisanih ciljeva i standarda. Efikasnost se može predstaviti i kao odnos stvarnih i planiranih performansi ili izlaza. Efikasnost predstavlja odnos planiranih i ostvarenih troškova u cilju ostvarivanja prethodno definisanih ciljeva. Imajući u vidu prethodne definicije često u praksi nije lako napraviti jasnu razliku između efikasnosti i efektivnosti. Odnos između rezultata (izlaza) određene akcije i uloženi resursa pomenuti autor definiše kao produktivnost. Najviši nivo produktivnosti ima ona aktivnost koja zadovoljava postavljene ciljeve sa najmanjom upotrebom resursa. Međutim, ovaj vid produktivnosti je pogodan za upotrebu u situaciji kada su ulazi i izlazi lako merljivi (kontrola u proizvodnim sistemima). Autor napominje da se usled bliske povezanosti pomenutih pojmova u literaturi sreće i pojam **produktivina efikasnost**. Lynch i ostali (1995) uspostavljaju vezu između merenja performansi, produktivnosti, efikasnosti i efektivnosti kao što je prikazano na slici 2.2. Četiri nivoa prikazanih na narednoj slici ukazuju na vezu između strategija i operacija.

---

<sup>1</sup> <http://www.dti.gov.uk/quality/performance>





**Slika 2.2.** Piramida performansi (prilagođeno prema Lynch, 1995)

Pojam "**single ratio**" koji se u realnim sistemima najčešće pronalazi u literaturi je poznatiji kao **parcijalna produktivnost**. Za potrebe ove disertacije izvršeno je opsežno istraživanje o praćenju indikatora efikasnosti u konkretnim logističkim sistemima Srbije. Ustanovljeno je da se u ovim sistemima prate brojni pokazatelji. Međutim, realne sisteme karakteriše "pasivno praćenje". Pre svega parametri se prate za protekli period (najčešće dan, nedelja, mesec ili godina), često bez pravljenja odgovarajućih korektivnih akcija, odnosno bez uspostavljanja zavisnosti između parametara, itd. Najveća pažnja se posvećuje operativnim pokazateljima (broj kilometara po satu, broj komisionih transakcija), finansijskim pokazateljima (promet po zaposlenom, različite vrste troškova), kao i pokazateljima iskorišćenja (prostorna iskorišćenost skladišta i transportnog sredstva), o čemu će biti više reči u narednim poglavljima. Lovreta i ostali (2005) definišu tri područja pojma efikasnost: parcijalna produktivnost u vršenju performansi ("single ratio"), troškovi kanala i indikatori uspešnosti kanala. Prema istom autoru **produktivnost** je koncept merenja parcijalne efikasnosti upotrebe određenog resursa. Kao najčešće korišćene pokazatelje produktivnosti u distributivnom kanalu navodi: promet/radnik, promet/čas rada radnika, količina transportovane robe/dan, stepen korišćenja transportnih i skladišnih kapaciteta, itd.

U literaturi su prisutni brojni pojmovi koji označavaju kretanje proizvoda na putu od proizvođača do kupca, odnosno od isporučioaca do potrošača. Ovaj pojam u literaturi je poznatiji kao **distribucija**. Distribucija se u ekonomskom smislu odnosi na sve odluke i radnje koje su u vezi sa kretanjem proizvoda od proizvođača do krajnjeg potrošača (Meffert 2000). Ovaj put se često naziva i **distributivni kanal**. U literaturi se ovaj pojam često meša sa pojmom **put prodaje** ili **otpreme**. Put prodaje i otpreme sa stanovišta trgovine odnosi se na robnu transakciju, koja zapravo predstavlja podsistem distributivnog kanala. U anglosaksonskoj terminologiji se koristi termin "*marketing chanel*" i pod njim se podrazumeva kanal nabavke i distributivni kanal. **Kanali marketinga** predstavljaju skup institucija koji premeštaju proizvod od tačke proizvodnje do tačke potrošnje. Svaka veza između pojedinaca i/ili organizacija, koja pruža mogućnost ili doprinosi pojavi razmene, predstavlja kanal marketinga (Lovreta i ostali, 2005).

Chow i ostali (1994) sa stanovišta logistike ostvaruju vezu između pojmova distribucija, efikasnost i efektivnost. Autori uvode pojam **distributivna efektivnost** koju karakterišu tačnost, pouzdanost, doslednost i adekvatnost. Osnovni cilj distributivnog sistema ogleda se u postizanju zadovoljstva korisnika. Leonardi i Baumgartner (2004) definišu četiri nivoa transportne efikasnosti. Pod **logističkom efikasnošću** autori podrazumevaju optimalan transportni lanac od početne do krajnje tačke. **Efikasnost vozila** se odnosi na minimalnu potrošnju energije koja se ostvaruje projektovanjem vozila, ali i tehnologijama njihovog korišćenja. **Efikasnost vozača** podrazumeva obučenosť vozača za pravilnu upotrebu vozila uz minimalnu potrošnju goriva. U cilju ostvarivanja efikasnog upravljanja vozilom, vozači moraju koristiti i odgovarajuće informacione tehnologije. Na **efikasnost rute** kao poslednji nivo efikasnosti, utiču sve informacije o planu puta, stanju na putu, ali i efikasnost vozača i vozila. Lai i ostali (2002) definiše različite perspektive efikasnosti. Provajderi transportnih usluga, pre svega, moraju voditi računa o **operativnoj efikasnosti procesa**, uz istovremeno poštovanje **uslužne efektivnosti** prema špediterima, odnosno primaocima robe. Korpela i ostali (2007) **uslužno-troškovnu efikasnost** koriste kao kriterijum za izbor skladišnih provajdera. Uslužno-troškovna efikasnost definisana je odnosom ukupnih troškova

(direktnih i indirektnih) za realizaciju usluga koje odgovaraju zahtevima korisnika. U literaturi postoji mišljenje da je za proizvodne kompanije i provajdere logističkih aktivnosti važna **efikasnost procesa**, dok je za same lance snabdevanja vođene zahtevima korisnika bitna **efektivnost poslovanja**, odnosno stepen zadovoljenja zahteva krajnjih korisnika. Lee i Billington (1992) na sličan način definišu **efektivnost lanaca snabdevanja**. Naime, efektivnost lanaca snabdevanja može se predstaviti kao stepen odgovora na zahteve korisnika. Brojni autori se slažu da efikasnost logističkih aktivnosti predstavlja izvor prednosti nad konkurencijom na tržištu. Kao što je već navedeno u literaturi su najčešće korišćeni modeli merenja operativne efikasnosti. U ovoj disertaciji analizirani su različiti oblici efikasnosti značajni za logističke sisteme. **Kvalitativna efikasnost** predstavlja stepen korišćenja resursa u cilju pružanja usluga odgovarajućeg nivoa kvaliteta. **Energetska efikasnost** podrazumeva stepen korišćenja energije u cilju realizacije usluga. U literaturi se pod energijom u logistici najčešće podrazumeva gorivo, električna energija i gas. **Ekološka efikasnost** predstavlja pojam koji je u jakoj vezi sa energetsom efikasnošću. Ekološka efikasnost, osim potrošene energije, obuhvata i tzv. nepoželjne izlaze. U nepoželjne izlaze između ostalog spadaju emisije štetnih gasova, generisanje otpada, kao i svi ostali negativni uticaji na okruženje. U vezi sa prethodnim pojmovima u literaturi se koristi i termin **troškovna efikasnost** ili **finansijska efikasnost**. U opštem slučaju, sa stanovišta inženjerske ekonomije, ovaj pojam ima široko značenje s obzirom na to da se najveći broj pokazatelja može izraziti u troškovima. **Vremenska efikasnost** definiše upotrebu vremena kao resursa u realizaciji određenih usluga.

## **2.2. PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA**

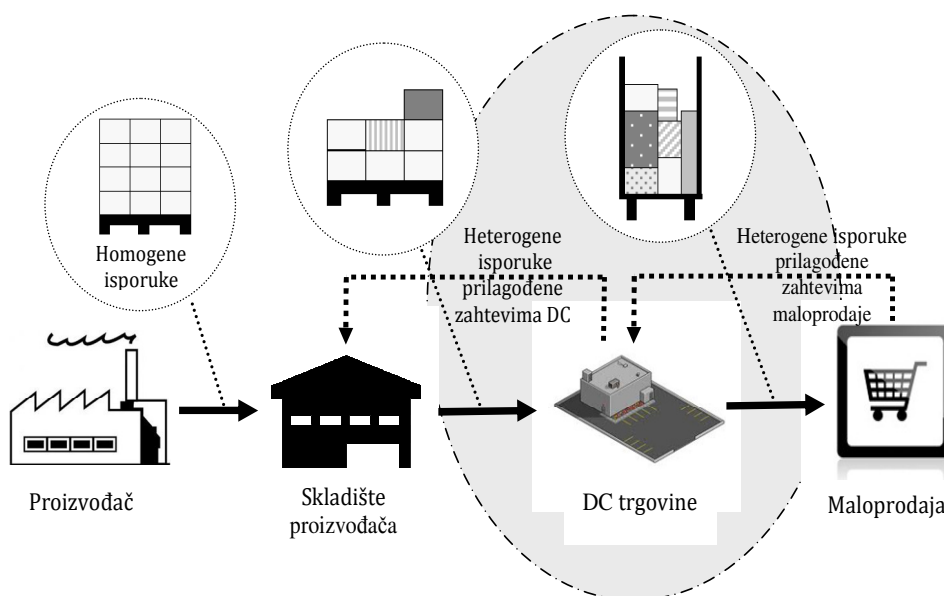
U literaturi nije dovoljno istražen postupak merenja efikasnosti distributivne strane lanaca snabdevanja. Usled nedostatka specijalizovanih modela za merenje efikasnosti distributivnih sistema i procesa, u ovoj disertaciji su analizirane mogućnosti merenja i unapređenja različitih tipova efikasnosti na različitim nivoima u procesu distribucije proizvoda trgovinskih kompanija.

### **2.2.1. Predmet istraživanja**

Predmet istraživanja ove disertacije jesu logistički procesi koji se pojavljuju u procesu distribucije proizvoda. U tom kontekstu lanci snabdevanja, distributivne mreže, strategije distribucije, kao i distributivni kanali predstavljaju osnovna polja istraživanja. Glavni fokus istraživanja jeste deo lanca snabdevanja koji obuhvata sve procese distribucije proizvoda koji se pojavljuju u tokovima od distributivnih centara ka maloprodajnim objektima (slika 2.3). Distributivni centri zajedno sa proizvođačima i maloprodajnim objektima pružaju krajnjim korisnicima korist od vremena, prostora, količine i kvaliteta.

Predmet istraživanja jeste i efikasnost logističkih procesa distribucije proizvoda. Merenje efikasnosti logističkih procesa distribucije proizvoda, kao i merenje logističkih sistema i procesa uopšte, prate grupe različitih problema o kojima će biti više reči u narednim poglavljima. Bez obzira na to na kom nivou se meri efikasnost, neophodno je definisati i povezivati različite mere efikasnosti. Na savremenim tržištima operativna efikasnost ne garantuje opstanak na tržištu. Osim ekonomske isplativosti logističke usluge moraju imati određeni nivo kvaliteta. Poslednjih godina se sve veći značaj daje kvalitetu usluga kao jednom od opštih pokazatelja funkcionisanja sistema. Zadovoljstvo i lojalnost korisnika, a samim tim i ponovna kupovina i sigurni prihodi u velikoj meri zavise od kvaliteta pruženih usluga. Uključivanje kvalitativnih pokazatelja u modele merenja efikasnosti logističkih sistema predstavlja težak zadatak. Ograničenost izvora energije i sve veći negativan uticaj privrede na okruženje uslovljava racionalniju

upotrebu energije, kao i odlaganje otpada. U tom smislu je moguće definisati ekološki aspekt logističkih sistema. Prema postojećim saznanjima najznačajnijih autora nema dovoljno radova u oblasti logistike koji objedinjuju različite aspekte efikasnosti. Prethodna činjenica predstavlja motiv istraživanja merenja različitih oblika efikasnosti.



**Slika 2.3.** Lanci snabdevanja trgovinskih kompanija

Većina modela merenja efikasnosti bazirana je na DEA metodi (Charnes i ostali, 1978). DEA metoda sa svojim modelima pruža mogućnost objedinjavanja velikog broja različitih pokazatelja u jedinstvenu meru efikasnosti. Brojne pokazatelje na različitim nivoima logističkih sistema, uz izvesna prilagođavanja, moguće je objединiti pomenutim pristupom. Međutim, ograničenja u modelima merenja efikasnosti u logistici navode na zaključak da su neophodne modifikacije postojećih i razvoj novih sistematskih modela. U situaciji višestrukih i konfliktnih ciljeva podsistema, procesa i aktivnosti, kao i u objedinjavanju pokazatelja koji su po svojoj prirodi raznorodni (finansijski, tehnički, tehnološki, ekološki, socijalni itd.), dodatno je otežan problem merenja efikasnosti. Različite funkcije ciljeva podsistema zahtevaju od donosioca odluke istovremenu optimizaciju. Klimberg i Puddicombe (1999) problem višestrukih i konfliktnih ciljeva rešavaju primenom MODEA pristupa (*eng. Multiple Objective Data Envelopment Analysis*).

U postupku merenja i unapređenja efikasnosti logističkih sistema neophodno je pre svega izvršiti dekompoziciju logističkih podsistema i procesa i definisati aktivnosti, a potom ih kvantifikovati (Johnson, 2006). Pravilno definisanje redosleda realizacije svih aktivnosti i procesa pruža mogućnost menadžerima da stvore stvarnu predstavu o funkcionisanju sistema i uvide eventualne propuste i nedostatke. Svaka aktivnost koristi određene resurse za ostvarivanje konkretnih izlaza. Na osnovu parcijalnih ("single ratio") pokazatelja efikasnosti koji mere delotvornost pojedinih resursa, u ovom slučaju, se ne može doneti zaključak o nivou efikasnosti. Potrebno je definisati zajednički pokazatelj efikasnosti koji će uzeti u obzir sve značajne višestruke rezultate i sve resurse koji su korišćeni za njihovo ostvarivanje.

Može se reći da je predmet istraživanja u disertaciji merenje, praćenje i unapređenje efikasnosti logističkih procesa distribucije proizvoda, kao i utvrđivanje uticaja različitih faktora na njihovu efikasnost. Najveća pažnja je posvećena analiziranju efikasnosti logističkih procesa distribucije proizvoda u trgovinskim lancima. Logistički sistemi, podsistemi, procesi i aktivnosti u trgovinskim lancima nemaju primarni smisao, ali su od izuzetne važnosti za uspešnu realizaciju primarne delatnosti. Od efikasnosti rada distributivnih centara, skladišta i voznih parkova zavisice efikasnost distribucije finalnog proizvoda. U cilju unapređenja efikasnosti definisanje korektivnih akcija predstavlja neophodan korak, što je takođe predmet ovog istraživanja.

### **2.2.1. Cilj istraživanja**

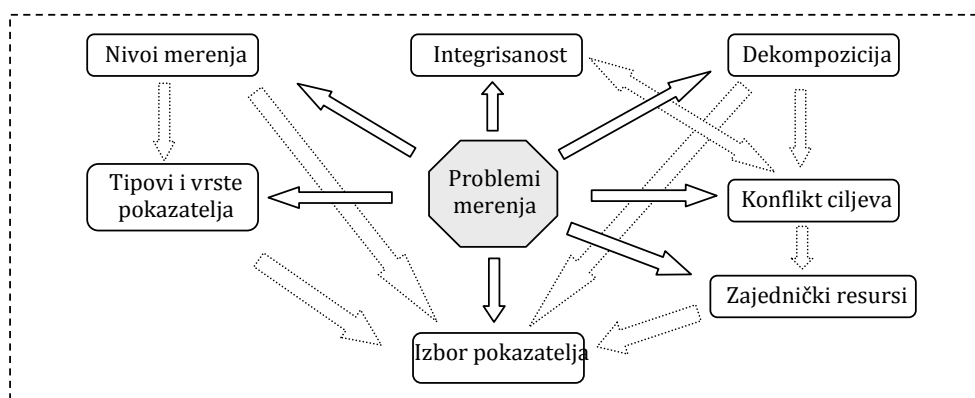
Na osnovu prethodno postavljenih premisa može se zaključiti da proces merenja i unapređenja efikasnosti logističkih procesa u distribuciji predstavlja kompleksan proces koji zahteva sagledavanje svih podsistema, procesa i aktivnosti, kao i uticaja različitih finansijskih, operativnih, ekoloških, kvalitativnih i drugih faktora. Osnovni cilj ove disertacije je razvoj novih modela merenja i unapređenja efikasnosti logističkih procesa distribucije proizvoda na različitim nivoima. Težnja disertacije je razvoj modela merenja efikasnosti distributivnih kanala, centara i procesa koji se realizuju u njima. Cilj je razvoj takvih modela koji

objedinjuju finansijske, operativne, ekološke, kvalitativne i druge aspekte efikasnosti u jedinstvenu meru efikasnosti, u cilju dobijanja tačne predstave o osobinama posmatranog sistema. Osnovni zadatak disertacije je da se na bazi dobijenih izlaznih rezultata predloženih modela stvori osnova za definisanje mera unapređenja efikasnosti. Dodatni cilj istraživanja ogleda se u utvrđivanju uticaja različitih faktora na efikasnost.

## 2.3. PROBLEMI MERENJA EFIKASNOSTI DISTRIBUCIJE

Merenje efikasnosti logističkih procesa distribucije proizvoda, kao i logističkih sistema i procesa uopšte prati više grupa različitih problema (slika 2.4):

- problem izbora pokazatelja;
- problem merenja efikasnosti na različitim nivoima;
- problem dekompozicije efikasnosti logističkih procesa;
- konflikt ciljeva;
- problem zajedničkih resursa;
- problem merenja efikasnosti u lancima snabdevanja.

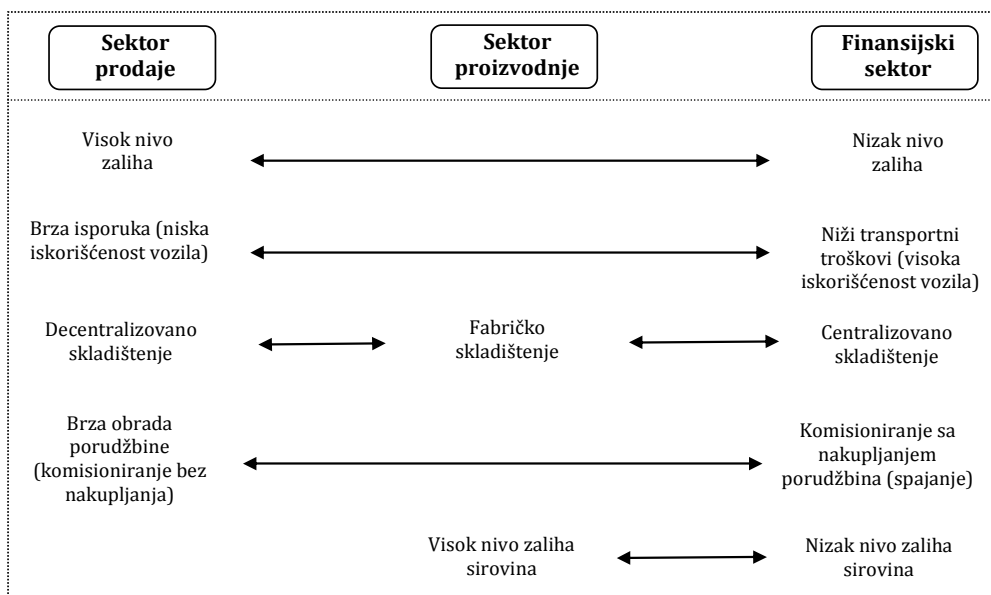


*Slika 2.4. Nivoi odlučivanja i merenja performansi*

Dekompozicija efikasnosti logističkih sistema predstavlja važan problem kome će u ovom radu biti posvećena značajna pažnja. Podela zajedničkih resursa i konflikt ciljeva podsistema, aktivnosti i procesa logističkog sistema dodatno otežava ovaj postupak. Osnovni zadatak logističkog sistema sa stanovišta efikasnosti se može formulisati kao maksimiziranje ukupne efikasnosti logističkog

sistema i njegovih podsistema uz poštovanje uslova zajedničkih resursa i konfliktnih ciljeva. Međutim, svaki podsistem u okviru logističkog sistema ima svoju strategiju postizanja efikasnosti. Efikasnost jednog podsistema može biti posledica neefikasnosti drugog podsistema.

Sledeći problem se odnosi na integrisanost i uticaj učesnika u lancu na efikasnost distributivnih procesa. Svaki učesnik u lancu snabdevanja predstavlja nezavisnog aktera sa sopstvenom strategijom postizanja efikasnosti. Efikasnost jednog učesnika može biti uzrok neefikasnosti drugog učesnika (slika 2.5). Na primer, snabdevač može povećati cenu sirovina u cilju povećanja prihoda, odnosno efikasnosti operacija. Ovo povećanje za proizvođača znači uvećanje troškova (resursa), odnosno smanjenje njegove efikasnosti s obzirom na istu količinu izlaza (npr. broj proizvoda) koju ostvaruju. Merenje efikasnosti lanaca snabdevanja predstavlja izuzetno kompleksan proces koji zahteva sagledavanje i usklađivanje performansi svih njenih učesnika.



**Slika 2.5.** Konflikt ciljeva različitih sektora (prilagođeno prema Kaveh, 2009)

Poseban problem u procesu merenja efikasnosti lanaca snabdevanja ogleda se u obuhvatanju svih učesnika koji čine lanac. Osim snabdevača, proizvođača, distributera i korisnika pojavljuju se i snabdevačevi snabdevači, korisnikovi korisnici, distributerovi distributeri, itd. Takođe postoje kompanije koje istovremeno mogu biti učesnici više različitih lanaca snabdevanja (npr. proizvođač



stakla može biti istovremeno u lancima snabdevanja više kompanija proizvođača automobila). Iz tog razloga se određeni autori zalažu za merenje efikasnosti individualnih kompanija u lancu snabdevanja, što je u suštini jednostavniji slučaj. Na osnovu svega navedenog može se zaključiti da proces merenja i unapređenja efikasnosti distribucije proizvoda prati veliki broj različitih problema. Opisani problemi su međusobno korelativni i uslovljeni, tako da parcijalno rešavanje problema često nije moguće.

## 2.4. HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

U procesu merenja i unapređenja efikasnosti mogu se postaviti brojne hipoteze. Zajedničko za većinu hipoteza u literaturi je da bez obzira na izuzetno veliki značaj logističkih procesa u trgovinskim lancima mnoge kompanije još uvek ne posvećuju dovoljno pažnje ovim procesima, te usled toga određeni podaci ne prate, odnosno ne definišu odgovarajuće pokazatelje efikasnosti. U ovoj disertaciji pošlo se od pretpostavke da je moguće razviti modele merenja i unapređenja efikasnosti logističkih procesa distribucije proizvoda. Ovim modelima se može unaprediti sistem merenja i unapređenja efikasnosti, a samim tim i stvoriti teorijske i praktične doprinose. Na osnovu stanja u literaturi, ali i analize konkretnih logističkih sistema trgovinskih lanaca i drugih kompanija u ovoj disertaciji su postavljene sledeće hipoteze:

***H1: Efikasnost predstavlja važan pokazatelj funkcionisanja kompanije.***

***H2: Postojeći pristupi merenja efikasnosti u literaturi i praksi podvrgnuti su raznim ograničenjima.***

***H3: Postoje razlike u efikasnosti podsistema, procesa i aktivnosti u okviru jednog logističkog sistema.***

***H4: Brojni faktori utiču na efikasnost logističkih procesa.***

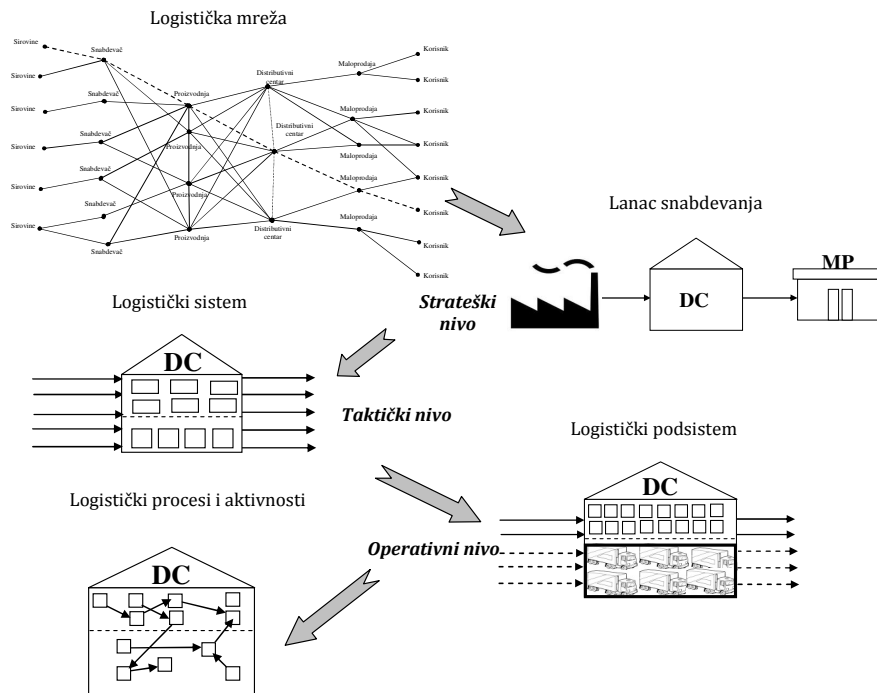
***H5: Efikasnost logističkih procesa može se unaprediti primenom odgovarajućih korektivnih akcija.***

# **3. LOGISTIČKI PROCESI I DISTRIBUCIJA PROIZVODA**

Distribucija se može posmatrati kao skup svih aktivnosti, procesa i učesnika, neophodnih za uspešno povezivanje proizvodnje i potrošnje (Kotzab i Bjerre 2005). Logističke aktivnosti i procesi od presudnog značaja su za uspešan plasman proizvoda na tržište (Nikoličić, 2011).

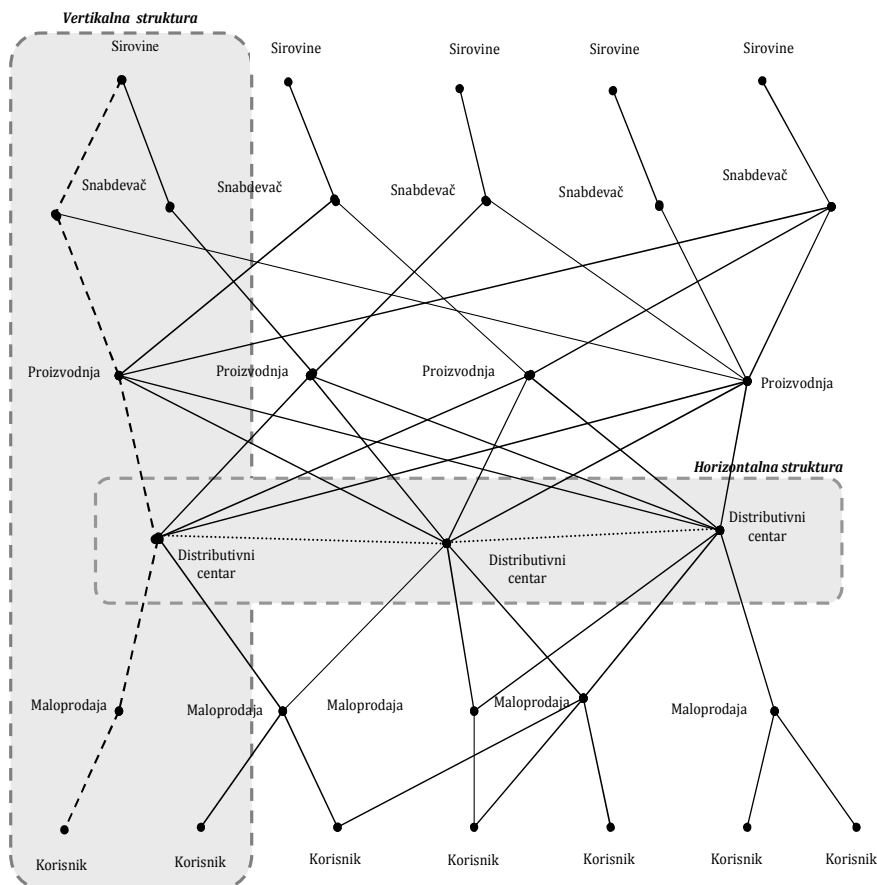
## **3.1. MESTO I ULOGA DISTRIBUTIVNIH KANALA**

Kao posledica različitih vrsta proizvoda, strukture korisnika i tipova distributivnih kanala na tržištu, dolazi do ukrštanja i međusobnog povezivanja više distributivnih kanala i lanaca snabdevanja. Svi zajedno čine distributivnu mrežu koja ujedno predstavlja najsloženiji i hijerarhijski najviši nivo posmatranja (slika 3.1). Pojedini učesnici istovremeno su članovi u različitim lancima snabdevanja. Tako, na primer, DC može biti deo lanaca snabdevanja više različitih kompanija.



**Slika 3.1.** *Merenje efikasnosti na različitim nivoima posmatranja*

Povezivanjem procesa u lancima snabdevanja najčešće se dobija kompleksna mreža učesnika i odnosa između njih, kao što je prikazano na slici 3.2. U cilju uspešnog sagledavanja lanca snabdevanja neophodno je identifikovati sve članove lanca i utvrditi veze između njih. U članove lanca snabdevanja spadaju sve kompanije koje učestvuju i u zadovoljenju zahteva korisnika. Tako se u opštem slučaju na samom vrhu mreže nalaze sirovine, odnosno snabdevači sirovina. Od ovih karika direktno će zavisi mnoge karakteristike proizvoda, pre svega cena i kvalitet. Sa jedne strane, proizvođači su u direktnom kontaktu sa više snabdevača, dok su sa druge strane u vezi sa distributivnim centrima, ključnim karikama u procesu distribucije proizvoda. Osim snabdevača i sirovina, na proizvodnju u velikoj meri utiču i distributivni centri, pre svega, zahtevima za isporukom gotovih proizvoda (npr. veličine isporuka, učestalost, itd.). U opštem slučaju sledeći nivo najčešće predstavljaju maloprodajni objekti. Oni predstavljaju neku vrstu posrednika između distributivnih centara i korisnika. Na samom kraju distributivne mreže nalaze se korisnici, učesnici zbog kojih je čitava mreža i formirana. Korisnici svojim zahtevima, brojem i prostornim rasporedom u velikoj meri utiču na strukturu mreža i konkretnih lanaca snabdevanja.



**Slika 3.2.** Mesto i uloga distributivnih centara u distributivnoj mreži

Sa aspekta strukture distributivne mreže moguće je razlikovati horizontalnu i vertikalnu strukturu. Vertikalna struktura mreže pruža informacije o broju različitih učesnika (npr. proizvođač, snabdevač, maloprodaja, korisnik), dok se horizontalna struktura odnosi na broj učesnika iste vrste na pojedinim nivoima (npr. ukupan broj DC u mreži). U zavisnosti od broja učesnika u pojedinim strukturama, kao i od broja lanaca snabdevanja moguće je razlikovati „široke“ („uske“), odnosno „dugačke“ („kratke“) distributivne mreže (Rushton i ostali, 2006).

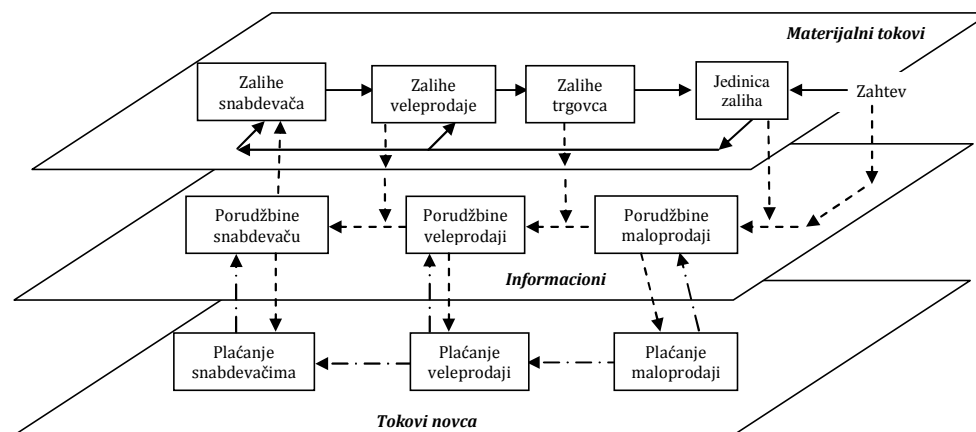
U sistemu distribucije proizvoda posebno mesto zauzimaju distributivni centri kao sistemi sa dominantnom ulogom logističkih procesa i aktivnosti. Osnovni podsistemi distributivnih centara jesu transportni i skladišni. U zavisnosti od vrste i vlasništva distributivnih centara zavisi i međusobna povezanost podsistema. Skladišni podsistem predstavlja centralni deo DC i od efikasnosti aktivnosti u njemu zavisice i efikasnost samog DC. Transportni sistem predstavlja

podsystem zadužen za aktivnost dopreme i otpreme robe. U procesu isporuke robe proces transporta je nezaobilazan element. Transport predstavlja proces koji generiše velike troškove, ali kojim se savlađuje prostorna razlika između proizvođača i krajnjeg potrošača. Ovaj proces prate visoki troškovi, između 30% i 40% ukupnih logističkih troškova, kao i velika potrošnja energije sa visokim stepenom emisije štetnih gasova (McKinnon, 2003). Logistički procesi obuhvataju niz aktivnosti preko kojih se ulazne veličine transformišu u izlazne. Na realizaciju procesa i aktivnosti deluje čitav niz različitih faktora, kao što su: propisi, norme, važeći standardi, regulativa, raspoloživost resursa, itd. (Kilibarda i Zečević, 2008).

Kada se govori o distribuciji proizvoda prisutna su dva aspekta: kanal fizičke distribucije i trgovački (transakcioni) kanal. Kanal fizičke distribucije podrazumeva sve logističke aktivnosti i procese čija realizacija obezbeđuje kretanje proizvoda od mesta proizvodnje do mesta potrošnje. Sa druge strane, trgovački kanal se odnosi na nefizičke aktivnosti koje pomažu plasman proizvoda od proizvođača do korisnika (Rushton i ostali, 2006). U ovoj disertaciji veća pažnja je posvećena fizičkoj komponenti distributivnih kanala. Distributivni kanal se pojavljuje kao način prevazilaženja razlika u vremenu, kvalitetu, mestu, količini i prostoru između mesta proizvodnje i mesta potrošnje. Distributivni kanali između ostalog obezbeđuju:

- dostupnost proizvoda na tržištu;
- kooperaciju i saradnju u lancu;
- koncentraciju kompanija na osnovnu („core“) delatnost;
- određeni nivo usluge;
- minimalne logističke i ukupne troškove;
- razmenu tačnih i pouzdanih informacija u direktnim i povratnim tokovima;
- transakcionu efikasnost kao posledicu smanjenja broja veza i aktivnosti.

Distributivne aktivnosti se često poistovećuju sa pojmom *tok*. Tako se govori o tokovima novca, tokovima informacija i tokovima proizvoda u procesu distribucije (slika 3.3, tabela 3.1).



**Slika 3.3.** Tokovi u distributivnim kanalima

Kotzab i Bjerre (2005) trgovinu definišu kao aktivnost razmene koja povezuje proizvođače i potrošače. Proces razmene obuhvata tri aspekta. Na prvom mestu je marketinški proces koji obuhvata sve aktivnosti u cilju prilagođavanja proizvoda i usluga zahtevima korisnika. Na drugom mestu su neophodne logističke aktivnosti koje pomažu u transferu (dopremi) proizvoda i usluga na tržište. I kraju na trećem mestu su procesi koji olakšavaju samu kupovinu proizvoda ili usluge.

**Tabela 3.1.** Tokovi u distribuciji proizvoda (prilagođeno prema Kotzab i Bjerre 2005)

Distributivni tok	Neslaganja			
	Prostor	Vreme	Kvantitet	Kvalitet
<b>Tok proizvoda</b>	<i>Premeštanje proizvoda od mesta proizvodnje do mesta potrošnje</i>			
	Premeštanje od mesta proizvodnje do mesta potrošnje	Držanje zaliha	Konsolidacione aktivnosti	Promene u prirodi proizvoda
<b>Tokovi novca</b>	<i>Transfer tokova novca od mesta potrošnje do mesta proizvodnje</i>			
	Transfer plaćanja	Finansiranje unapred	Sakupljanje i raspodela plaćanja	Bezbednost tokova
<b>Tokovi informacija</b>	<i>Transfer informacija od mesta proizvodnje do mesta potrošnje i obrnuto</i>			
	Prenos od tačke do tačke	Prikupljanje, čuvanje i planiranje	Prikupljanje i raspodela	Interpretacija, dodavanje, obrada

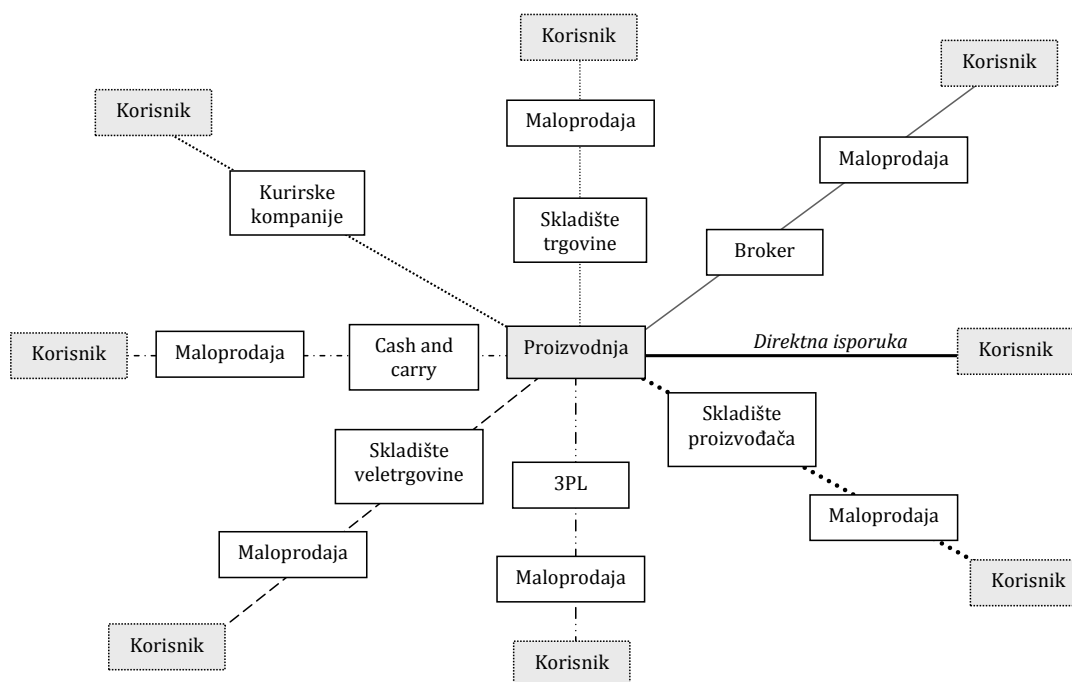
Na osnovu prethodnog, trgovina i veleprodaja se mogu definisati kao rezultat objedinjavanja distributivnih vrednosti u marketing kanalu. Preduslov uspešnog poslovanja trgovinskih lanaca predstavlja efikasno upravljanje distributivnim kanalima. Evidentan je značaj logističkih procesa za uspešno upravljanje distributivnim kanalima. Ovo je posledica dominantne uloge logistike u lancu

snabdevanja. Bez obzira na to da li je u pitanju proizvod široke potrošnje, ili industrijski proizvod, ili usluga, distributivni kanal predstavlja jedini način njegovog plasmana. Osim pomenutih osnovnih tokova za potpunu realizaciju isporuke proizvoda od proizvođača do krajnjeg potrošača neophodno je realizovati sledeće tokove: tok fizičkog posedovanja, vlasništva, promocije, pregovaranja, finansiranja, rizika, poručivanja i plaćanja, koji obezbeđuju povezivanje svih članova u lancima distribucije proizvoda i usluga (Lovreta i ostali, 2005).

**Tok proizvoda** obuhvata fizičko kretanje proizvoda u distributivnom kanalu od tačke proizvodnje do tačke krajnjeg potrošača. **Tok pregovaranja** predstavlja fazu u kojoj se odvijaju aktivnosti između funkcija nabavke i prodaje. Tokovi pregovaranja različitih članova trgovinskih lanaca odvijaju se na svim nivoima obavljanja funkcija nabavke i prodaje. **Tok vlasništva** ukazuje na promenu vlasnika proizvoda u distributivnim kanalima. Logističke kompanije nisu uključene u ove tokove, jer ne preuzimaju vlasništvo nad proizvodom. Logističke kompanije učestvuju samo u fizičkom transportu proizvoda. **Tok informacija** uključuje sve učesnike kroz dvosmerno kretanje informacija od proizvođača do potrošača. Svi subjekti u trgovinskim lancima učestvuju u razmeni informacija, a tokovi koji se pojavljuju odvijaju se u smeru od proizvođača do potrošača, ali i u suprotnom smeru. Tok informacija se može u određenim slučajevima realizovati bez logističke organizacije, pri čemu se uspostavlja direktna veza između proizvođača i veletrgovaca, odnosno maloprodaje i potrošača. **Tok promocije** obuhvata komunikacije kroz oblike reklamiranja, lične prodaje, prodajne promocije, publiciteta, itd. Osim postojećih učesnika pojavljuju se i kompanije specijalizovane za reklamiranje koje obezbeđuju tok promocije.

## 3.2. TIPOVI DISTRIBUTIVNIH KANALA

U zavisnosti od broja učesnika i strukture postoji više vrsta distributivnih kanala (slika 3.4).



*Slika 3.4. Tipovi distributivnih kanala (prilagođeno prema Rushton i ostali 2006)*

Kanali u kojima je proizvođač u direktnom kontaktu sa korisnicima nazivaju se **direktni distributivni kanali** (Ferneie and Sparks, 2009). U ovoj vrsti distribucije na postoje posrednici kao što su distributivni centri i veletrogovine. Ovo su ujedno najkraći i najjednostavniji oblici distribucije proizvoda. Proizvodnja se vrši na osnovu porudžbina korisnika koji se mogu ispostaviti na različite načine. U tom smislu može se razlikovati nekoliko direktnih kanala. Poručivanje proizvoda iz kataloga putem elektronske pošte jedan je od osnovnih načina. Distribuciju proizvoda obavljaju logističke kompanije specijalizovane za transport manjih pošiljki bez prisustva maloprodajnih objekata. Za posebne grupe proizvoda koji su prilagođeni specijalnim zahtevima korisnika i koji se ne drže na zalihama vrši se direktna isporuka od proizvođača do krajnjeg potrošača. Ovim kanalima se najčešće realizuju manje, ali učestalije isporuke. Kurirske kompanije predstavljaju direktnog posrednika između proizvođača i korisnika koji realizuje sve logističke



aktivnosti i koriste se, kako u domaćim, tako i interkontinentalnim tokovima. Jedan od najzastupljenijih oblika direktnih kanala jeste internet kupovina i kupovina od kuće. Ovaj oblik kupovine vrlo je sličan poručivanju proizvoda putem elektronske pošte, ali nije isti. Internet kupovina i kupovina od kuće proširuje se na veliki broj trgovačkih proizvoda. Za razliku od prvog, u ovom slučaju distribuciju proizvoda realizuju logistički provajderi. Logistički zahtevi koji pomenuti provajderi moraju realizovati su brojni i ne mogu ih u potpunosti realizovati kurirske kompanije i pošta. Poslednji oblik direktnih kanala odnosi se na proizvođač – proizvođač kanale („business to business – B2B“). U pitanju su najčešće kanali distribucije industrijskih proizvoda.

**Proizvođač – distributivna mreža proizvođača – maloprodaja** predstavlja drugi oblik distribucije. Ovaj distributivni kanal u prošlosti je predstavljao jedan od najzastupljenijih kanala fizičke distribucije. Proizvođač ili snabdevač poseduju zalihe finalnih proizvoda u centralnim distributivnim centrima ili više regionalnih distributivnih centara. Homogene isporuke transportnim sredstvima velikih nosivosti isporučuju se do distributivnih centara, odakle se formiraju manje, nehomogene isporuke do maloprodajnih objekata. Svi logistički resursi su u vlasništvu proizvođača. Do 1970. godine ova vrsta kanala je bila najzastupljenija. Usled nepostojanja rasporeda isporuke, stvaranja zaliha i neefikasnosti distributivnih aktivnosti dolazi do napuštanja distributivnih kanala ove vrste.

**Proizvođač – distributivna mreža trgovca – maloprodaja** dobija na značaju osamdesetih godina prošlog veka. U ovim kanalima proizvođači dopremaju robu do regionalnih ili nacionalnih distributivnih centara koji su u vlasništvu trgovačkih kompanija. Distribuciju proizvoda iz ovih centara do maloprodaje obavljaju trgovačke kompanije. Isporuke se vrše vozilima većih nosivosti sa visokim stepenom prostorne iskorišćenosti. Osnovni problem koji prati ove kanale jeste nemogućnost posvećivanja osnovnoj delatnosti i relativna nekompetentnost trgovačkih kompanija za obavljanje logističkih procesa i aktivnosti.

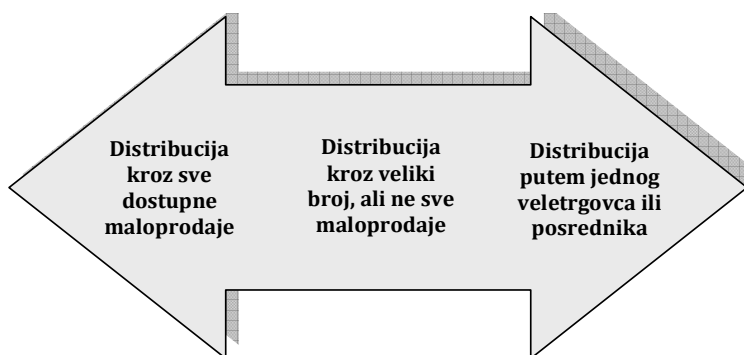
Osnovna karakteristika kanala oblika **proizvođač – veletrgovac – maloprodaja** jeste dominantna uloga veletrgovca kao posrednika između proizvođača i maloprodaje. Sa aspekta fizičkih kanala distribucije veletrgovci

obavljaju sve logističke aktivnosti sopstvenom distributivnom mrežom. Veletrgovci zaradu ostvaruju kupovinom velikih količina proizvoda od proizvođača po relativno niskoj ceni, odnosno prodajom maloprodajnim objektima uz odgovarajuću maržu. Ovi kanali uz izvesne modifikacije prisutni su na tržištu i danas.

Uvođenjem outsourcing-a<sup>2</sup> u trgovinske lance dolazi do pojave kanala oblika **proizvođač - 3PL - maloprodaja**. Logistički provajderi direktno utiču na smanjenje troškova distribucije. Sa druge strane, logistički provajderi mogu da odgovore sve strožim zahtevima i zakonskoj regulativi. Na savremenom tržištu logistički provajderi su specijalizovani za distribuciju određenih vrsta proizvoda sa ciljem smanjenja troškova distribucije i prilagođavanja tačno definisanim korisnicima.

**Proizvođač - broker - maloprodaja** predstavlja distributivne kanale koji su danas relativno retko u upotrebi. Ovi kanali odnose se više na trgovačke kanale, a manje na kanale fizičke distribucije. Za razliku od veletrgovaca, brokeri se više bave marketingom i plasmanom proizvoda na tržištu, a manje logističkim aktivnostima.

Učesnici u distributivnim kanalima moraju voditi računa o intenzitetu distribucije robe. Etzel i ostali (2004) sa aspekta intenziteta razlikuju tri tipa distribucije (slika 3.5).



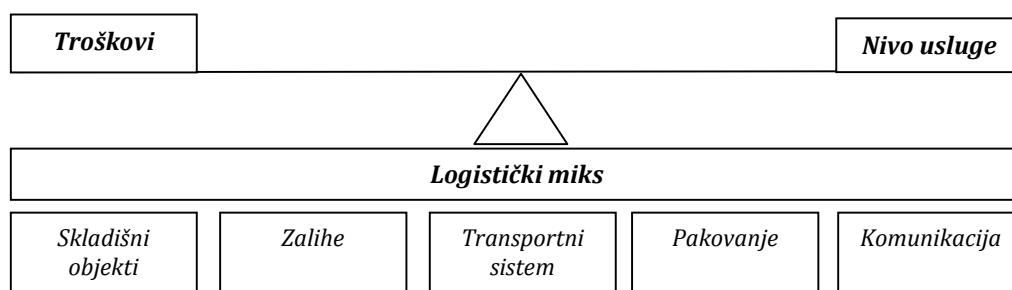
**Slika 3.5.** Intenzitet distribucije (prilagođeno prema Etzel i ostali, 2004)

<sup>2</sup> Outsourcing predstavlja prepuštanje dela aktivnosti spoljnim kompanijama (provajderima) u cilju fokusiranja na osnovne procese.

U **intenzivnoj distribuciji** proizvođači prodaju proizvode ili usluge preko svih dostupnih maloprodaja. Ovo je posebno značajno za robu široke potrošnje, koju kupci žele da imaju trenutno bez odlaganja kupovine u cilju pronalaženja tražene marke. Tipični proizvodi koji imaju intenzivnu distribuciju jesu hrana, novine, itd. Sa aspekta logistike ovakva distribucija zahteva frekventne isporuke manjih količina proizvoda. **Selektivna distribucija** podrazumeva nešto drugačiji pristup. U ovom sistemu distribucije proizvođači prodaju proizvode preko veletrgovaca i odabranih maloprodaja, s obzirom na to da kupci mogu „potražiti“ željene proizvode. U ovom sistemu je broj posrednika, ali i tržište ograničeno. Tipični proizvodi koji se prodaju u ovom sistemu distribucije jesu tehnička roba, garderoba, kancelarijska oprema, itd. U **ekskluzivnoj distribuciji** proizvodi se isporučuju samo preko strogo određenih veletrgovaca i maloprodaja na tačno definisanim tržištima.

### 3.3. ZNAČAJ LOGISTIČKIH PROCESA U DISTRIBUCIJI PROIZVODA

Značaj logistike u kanalima fizičke distribucije široko je razmatran u literaturi i praksi. Dostupnost proizvoda direktno zavisi od realizacije logističkih procesa i aktivnosti. Prostorna udaljenost između proizvođača i krajnjeg korisnika može se savladati efikasnim logističkim aktivnostima. U literaturi se uvodi pojam **logistički miks** (Gustafsson i ostali, 2009; Rushton i ostali, 2006). Logistički miks čini pet elemenata kao što je prikazano na slici 3.6.



**Slika 3.6.** Logistički miks (prilagođeno prema Fernie i Sparks, 2009)

Prostorni raspored, veličina, tip i struktura skladišnih objekata direktno utiču na zadovoljenje zahteva korisnika. U njima se realizuju brojne aktivnosti koje daju podršku kretanju materijala, skladištenju, pakovanju, doradi, sklapanju, itd. Najveći izazovi u ovim sistemima odnose se na radnu snagu (obuke, raspoređivanje, organizacije, upravljanje). U literaturi se pojmovi skladišta i DC često koriste u istom kontekstu i bez jasne granice. Coyle i ostali (2003) definišu razliku između skladišta i DC. Po njima se u skladištima čuvaju proizvodi, dok DC predstavljaju objekte za dalju distribuciju gotovih proizvoda. Distributivni centri zapravo predstavljaju specijalne tipove skladišta. Distributivni centri ubrzavaju proces distribucije robe i eliminišu komplikacije u procesu skladištenja. Oni teže prijemu i otpremi robe sa što manjim zadržavanjem i čuvanjem proizvoda. Poslednjih godina upravljanju zalihama se posvećuje veća pažnja. Vezani kapital koji zalihe predstavljaju, kao i potreba za brzom reakcijom na promene u zahtevima korisnika stvaraju problem logističkim provajderima. Transport predstavlja važan element distribucije proizvoda i prisutan je u svim delovima lanaca snabdevanja. Veličina, iskorišćenost, rutiranje, poštovanje zakonske regulative samo su neki od elemenata upravljanja transportom. Uspešno pakovanje i homogenizacija značajno utiču na povećanje efikasnosti operacija pre svega kroz smanjenje vremena i troškova. Poslednjih godina pojavljuje se težnja za homogenizacijom pakovanja i uvođenjem univerzalnih jedinica pakovanja. Komunikacija i razmena informacija predstavljaju poslednje elemente logističkog miksa. Informacije o ponudi i tražnji, količinama, zalihama, ceni, poziciji proizvoda u lancu, samo su neki od elemenata koji utiču na efikasnu realizaciju distribucije proizvoda.

Uloga DC u trgovačkim kompanijama robe široke potrošnje ogleda se u isporuci robe u pravo vreme, na pravom mestu, u pravoj količini i sa pravim kvalitetom. DC zapravo pružaju mogućnost trgovinskim kompanijama da postignu operativnu efektivnost. Jedan od preduslova jesu efikasne aktivnosti i procesi, što zapravo i predstavlja predmet istraživanja u ovoj disertaciji.

### 3.4. PERSPEKTIVA RAZVOJA LOGISTIČKIH PROCESA DISTRIBUCIJE PROIZVODA

Globalni trendovi i promene na svetskom tržištu utiču na stvaranje novih rešenja i promena na tržištu logističkih usluga. Pojavom outsourcing-a u distributivnim kanalima dolazi do ekspanzije kompanija specijalizovanih za realizaciju logističkih aktivnosti i procesa u distributivnim kanalima (Higginson i Bookbinder, 2005). Ove kompanije nisu više nezavisni učesnici koji najčešće pružaju usluge transporta i skladištenja, već integrisani operatori koji imaju direktne veze sa ostalim učesnicima u lancu. Savremeni lanci snabdevanja ne mogu se zamisliti bez *sofisticiranih informacionih sistema* koji obezbeđuje brzu i pouzdanu razmenu informacija i komunikaciju svih učesnika. Ovo ujedno predstavlja osnovni trend u lancima snabdevanja i distribuciji proizvoda.

Drugi značajan trend odnosi se na *redukciju zaliha*. Imajući u vidu činjenicu da zalihe predstavljaju vezani kapital i stvaraju direktne troškove lako se može zaključiti da je interes svih učesnika eliminacija zaliha. Ovaj trend se uočava još od osamdesetih godina prošlog veka. Tada se pojavila težnja za eliminacijom zaliha iz maloprodajnih objekata sa ciljem povećanja prodajnog prostora. Zalihe se pomeraju ka DC, odnosno proizvođačima i snabdevačima. Međutim, kako i oni teže smanjenju zaliha dolazi do pojave niza načina prevazilaženja pomenutog problema. Pre svega pojavljuje se potreba za povezivanjem informacionog sistema maloprodajnih objekata i distributivnih centara, odnosno maloprodajnih objekata i proizvođača, a sve u cilju proizvodnje prema zahtevima korisnika i smanjenju zaliha. Smanjenjem zaliha utiče se na smanjenje raspoloživosti proizvoda. Dostupnost proizvoda duž lanca opada. Rushton i ostali (2006) tvrde da ukoliko je dostupnost proizvoda kod proizvođača 98%, dostupnost u DC je 95%, dok je dostupnost u maloprodajnom objektu 90%. Pomenuti autori takođe naglašavaju da se dostupnost između ostalog može povećati preciznim, tačnim i efikasnim isporukama. Ubrzanje tokova i redukcija zaliha podrazumeva niz preuslova:

- široku dostupnost integrisanih računarskih sistema sa odgovarajućim softverima;
- kontinualni razvoj metoda i modela za upravljanje zalihama;
- pouzdane i redovne podatke, transformisane u informacije i integrisane u sisteme za podršku odlučivanju;
- napredne modele prognoziranja koji smanjuju potrebu za sigurnosnim zalihama koje štite od neizvesnosti;
- integrisanje ukupnog nivoa zaliha kroz lanac snabdevanja, uključujući partnerstva i udruženja;
- fleksibilne proizvodne sisteme i druge aspekte automatizacije koji brzo reaguju na promene zahteva;
- povećanu upotrebu vučenih tokova (*eng. pull*) (na primer JIT (*eng. Just in time*));
- povećanu upotrebu e-trgovine<sup>3</sup> čime se krajnji potrošači dovode na ranije tačke lanca snabdevanja.

**Partnerski odnos** među učesnicima i **kooperacija** predstavljaju još jedan trend u distributivnim kanalima. Učesnici, sa na prvi pogled konfliktnim ciljevima, kako na vertikalnoj ravni (npr. između proizvodnih, trgovinskih i logističkih kompanija) tako i na horizontalnoj ravni (npr. između logističkih kompanija) moraju tesno sarađivati u cilju smanjenja troškova i postizanja zajedničkog interesa. Kooperacijom i saradnjom učesnika u lancu vrši se integracija primarne (proizvođač – DC) i sekundarne (DC – maloprodaja) distribucije. Kooperacijom se postižu brojni pozitivni efekti. Pre svega vrši se eliminacija nepotrebnog dupliranja logističkih aktivnosti, zatim se vrši koordinacija odluka u distributivnom kanalu i povećava se iskorišćenje tehnoloških mogućnosti.

Poslednjih decenija **korisnicima se posvećuje veća pažnja** pri čemu dolazi do direktne komunikacije korisnika sa proizvođačima, ali i ostalim učesnicima u lancu. Poseban značaj se daje efikasnom odgovoru na zahteve korisnika (*Efficient Consumer Response – ECR*). ECR je strategija po kojoj svi učesnici u lancu zajedno

---

<sup>3</sup> Elektronska trgovina (e-trgovina) odnosi se na kupovine, prodaje, marketinga i servisiranja proizvoda i usluga putem elektronskih sistema kao što su Internet i druge kompjuterske mreže.

nastoje da pruže što kvalitetniju ponudu potrošačima u maloprodaji. Koncept je nastao kao reakcija na globalizaciju trgovine, pojačanu konkurenciju (i u proizvodnji i u distribuciji) i sve kompleksnije zahteve kupaca. Brewer (2001) definiše ECR kao globalnu inicijativu u industriji mešovite robe sa fokusom na ukupni lanac snabdevanja – dobavljače, proizvođače, veleprodaju i maloprodaju, koji rade zajedno kako bi odgovorili na promene tražnje potrošača za mešovitom robom bolje, brže i uz manje troškove. Ceo lanac snabdevanja treba tretirati kao jednu proizvodnu liniju, elektronski povezanu informacijama koje se prenose od kupca ka proizvođaču, kada su potrebni određeni proizvodi.

Sve intenzivniji razvoj e-trgovine utiče na razvoj specijalizovanih logističkih provajdera koji realizuju kompletnu isporuku proizvoda. Razlike u intenzitetu razvoja e-trgovine variraju u zavisnosti od ekonomske razvijenosti regiona. Ovaj koncept takođe karakteriše globalno snabdevanje koje se u potpunosti razlikuje od klasičnih trgovinskih distributivnih kanala. Učešće e-trgovine u ukupnoj trgovini čini između 5% i 15% u zavisnosti od regiona, sa stalnim porastom. E-trgovina se vezuje za velike gradove, s obzirom na to da njih karakteriše razvijenija logistička infrastruktura koja omogućava brz odgovor na zahteve korisnika. U budućnosti se može očekivati proširenje e-trgovine na manje gradove i sredine, pri čemu je razvijena mreža logističke infrastrukture osnovni preduslov. Predviđanja pokazuju da će SAD u narednim godinama zadržati prvo mesto po e-trgovini pri čemu će je Kina slediti (Meyer, 2013).

Logistika i trgovina su u neraskidivoj vezi. U poslednjih četrdeset godina najveće promene u logistici dešavaju se upravo kao posledica sve zahtevnije e-trgovine. U razvijenim regionima dolazi do pojave tri tipa logističkih sistema modernih distributivnih kanala. Prvi tip predstavljaju mega e-centri u kojima se roba izdvaja po zahtevima kupaca. Ovim centri su u vlasništvu specijalizovanih logističkih provajdera i često su veći od 500 000 m<sup>2</sup>. Radno vreme ovih centara je 24/7. Drugi tip predstavljaju sortirni centri u kojima se vrši sortiranje pošiljki prema adresama primaoca u cilju krajnje isporuke. Treći tip predstavljaju centri za krajnju distribuciju odakle se vrši konačna isporuka.

Specijalizovani provajderi upravljaju pomenutim centrima i odgovorni su za kompletnu organizaciju i realizaciju logističkih procesa. Pojavom e-trgovine dolazi do pojave intenzivnih povratnih tokova. Centri za obradu vraćene robe imaju poseban značaj u modnoj industriji. Razvoj e-trgovine još uvek nije ravnomeran za sve grupe proizvoda. Pre svega kupovina prehrambenih proizvoda putem e-trgovine nije dovoljno razvijena. Razvojem specijalizovanih provajdera koji mogu odgovoriti na sve zahteve za efikasnom isporukom prehrambenih proizvoda znatno će se ubrzati razvoj ovog dela e-trgovine.

Poseban izazov u elektronskoj trgovini predstavljaju međunarodni tokovi i problemi graničnih prelaza. Trenutno se ovaj problem rešava angažovanjem lokalnih provajdera koji vrše finalnu distribuciju. Sa druge strane, u budućnosti se može očekivati da će se vršiti internacionalizacija tržišta pri čemu će se nacionalne barijere smanjivati. Posmatrano sa aspekta ukupnih troškova i učešća logistike u njima, može se konstatovati da je cena proizvoda u e-trgovini viša u odnosu na cenu proizvoda u maloprodaji. Međutim, korist kupaca ogleda se u indirektnim troškovima odlaska u prodavnicu, kao i u gubitku vremena. Informacioni tokovi i razmena informacija imaju značajno mesto u elektronskoj trgovini. U vezi sa tim dostupnost i razmena informacija između proizvođača, logističkog provajdera i kupca mora biti na visokom nivou. Koordinacija informacionih tokova i tokova proizvoda jedan je od glavnih zadataka logističkih provajdera. Tehnološke, demografske i promene u lancima snabdevanja u velikoj meri će uticati na razvoj sektora e-trgovine u budućnosti. Efikasna i efektivna logistika predstavlja presudni faktor distribucije proizvoda e-trgovine. Zajedničko rešenje za sve pomenute trendove jeste razvoj pomenutih direktnih distributivnih kanala sa specijalizovanim logističkim provajderima. Osim opisanih u logističkim tokovima distribucije proizvoda prisutni su i sledeći trendovi:

- upotreba savremenih tehnoloških rešenja – GPS (*eng. Global Positionig System*), savremeni sistemi komisioniranja);
- povratni tokovi postaju sve intenzivniji usled širenja asortimana i povećanja broja isporuka;



- potreba za revidiranjem odnosa u lancu snabdevanja („dirigent“ lanca postaje korisnik, a ne maloprodaja);
- sve češće uspostavljanje direktne veze kupac – proizvođač;
- isporuka robe u strogo definisanim vremenskim prozorima;
- težnja ka efikasnoj distribuciji koja smanjuje troškove i povećava vrednost usluge;
- pojava integrisanih globalnih logističkih provajdera koji pružaju kompletnu logističku uslugu u širem geografskom području;
- unapređenje pakovanja proizvoda u cilju bržeg i lakšeg rukovanja;
- primena lean koncepta (*eng. lean*)<sup>4</sup>;
- određene kategorije proizvoda u bliskoj budućnosti nabavljace se putem 3D štampe<sup>5</sup>;

Zahvaljujući pomenutim trendovima, logistički procesi distribucije proizvoda će usled bolje povezanosti, kontrole, veće brzine i manje upotrebe resursa postati znatno efikasniji. Efikasniji procesi distribucije proizvoda direktno utiču na brži plasman proizvoda na tržište uz minimalne troškove i greške, što dalje utiče na zadovoljstvo krajnjih korisnika.

---

<sup>4</sup> Lean koncept predstavlja novi pristup kojim se eliminišu beskorisne aktivnosti u procesima rada.

<sup>5</sup> 3D štampa je moderna tehnologija proizvodnje trodimenzionalnih objekata.

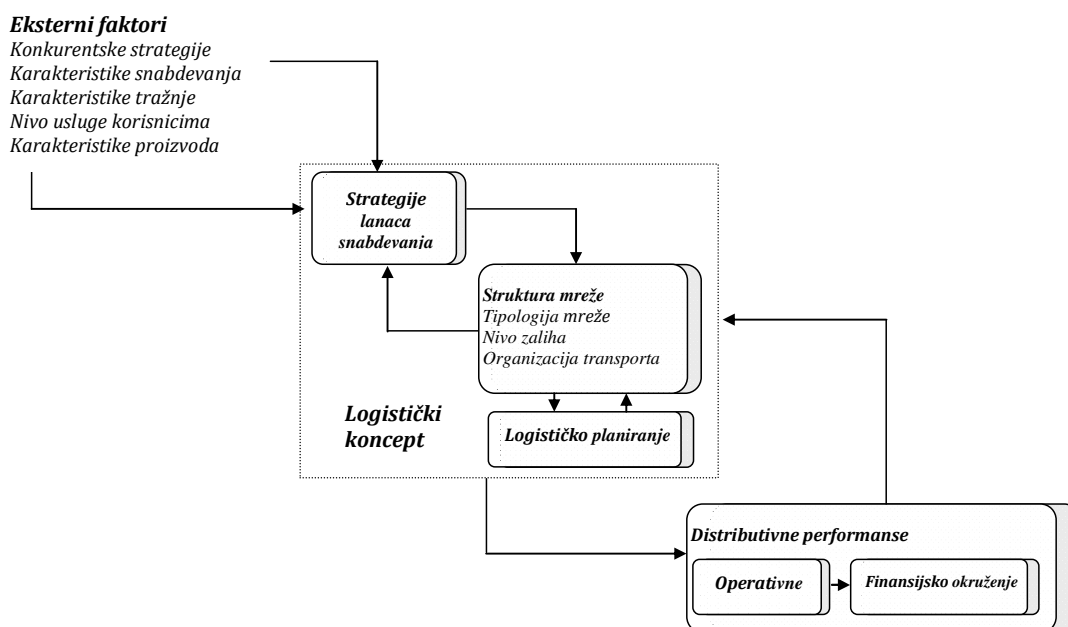
## **4. PREGLED RELEVANTNE LITERATURE I POSTOJEĆIH PRISTUPA MERENJA EFIKASNOSTI U LOGISTICI**

Efikasnost kao jedan od najznačajnijih pokazatelja u literaturi je višestruko primenjivana. U ovom poglavlju je dat pregled relevantne literature vezane za merenje efikasnosti u logističkim sistemima i procesima, kao i lancima snabdevanja. Neely i ostali (1995) smatraju da proces merenja performansi predstavlja proces kvantifikovanja efikasnosti i efektivnosti akcija. Za merenje performansi logističkih kompanija u literaturi i praksi se najčešće koriste parcijalni pokazatelji ključnih indikatora performansi (*KPI – Key Performance Indicators*). U primeni su najčešće parcijalni pokazatelji produktivnosti (npr. broj isporuka/po vozilu), finansijski pokazatelji (npr. granični prihod), troškovni pokazatelji (npr. obrt kapitala, povrat investicija, itd.), odnosno pokazatelji kvaliteta (Kilibarda i Zečević, 2008). Fawcett i Cooper (1998) definišu sledeće grupe logističkih pokazatelja: troškovni pokazatelji, pokazatelji usluga korisnicima, pokazatelji produktivnosti i kvalitativni pokazatelji. Frazelle (2001) grupiše pokazatelje na sličan način, pri čemu glavni fokus stavlja na performanse skladišta. Međutim, za uspešnu procenu funkcionisanja logističkih sistema nekada nije dovoljno izračunati neki od pomenutih pokazatelja, pa čak ni sve. Neophodno je opisati funkcionisanje logističkog sistema, što dalje zahteva definisanje novih,

kompleksnijih pokazatelja. Ovi pokazatelji moraju integrisati višestruke ulaze/izlaze uzimajući pri tom u obzir značaj i međusobne odnose.

Keebler (2001) navodi da kompanije ne prate performanse logističkih procesa u dovoljnoj meri. Čak i kompanije koje su vodeće u svojoj oblasti ne realizuju logističke procese na dovoljno efikasan način usled nedostatka svesti o potrebi praćenja i merenja logističkih performansi. Efikasnost, kao jedna od ključnih performansi logističkih sistema, i DEA metoda, kao jedan od najpogodnijih alata za procenu efikasnosti, predstavljaju predmet decenijskog istraživanja u literaturi. Primena ove metode u logistici započinje radom Kleinsorge i ostali (1989). Veći broj radova objavljen je u poslednjoj deceniji. Fugate i ostali (2010) **logističku efikasnost** definišu kao stepen tačnih isporuka, prosečno vreme isporuke, kao i godišnji obrt zaliha. Sa druge strane logističku efektivnost definišu kao sve vrste troškova, počev od transportnih i skladišnih, pa do troškova zaliha, odnosno ukupnih logističkih troškova.

Na procese merenja efikasnosti distribucije proizvoda utiče veliki broj faktora (slika 4.1).



**Slika 4.1.** Različiti uticaji na performanse distribucije (prilagođeno prema Van Goor i ostali, 2003 )

U literaturi postoji veliki broj autora koji efikasnost prikazuju isključivo preko finansijskih pokazatelja. U okviru ovog pristupa prisutne su dve različite grupe pokazatelja. Prvu grupu čine autori koji efikasnost mere kao minimizaciju troškova (Jung i ostali, 2004), dok drugu grupu čine autori bazirani na maksimizaciji profita (Cohen i Lee, 1989).

Preduslov uspešnog merenja efikasnosti u logistici jeste dobro sagledavanje aktivnosti. Logistički sistemi se mogu posmatrati kao uslužni sistemi koji koriste determinisane resurse u cilju postizanja određenog izlaza (učinka). Sličan pristup koristi i Frazelle (2002), kao što je prikazano na slici 4.2.



**Slika 4.2.** Ulazno–izlazna struktura logističkih sistema (prilagođeno prema Frazelle, 2002)

Frazelle (2002) takođe deli resurse u dve grupe: resurse na koje menadžment može uticati i one na koje menadžment ne može uticati. Menadžment može uticati na zalihe, časove rada zaposlenih, iskorišćenost skladišnog prostora i transportnih sredstava, dok na potrošnju goriva, promet i prihode ima ograničene mogućnosti delovanja.

## 4.1. RAZLIČITI PRISTUPI MERENJA EFIKASNOSTI U LOGISTICI

U ovom delu rada dat je pregled najčešće korišćenih pristupa merenja efikasnosti. Istražene su mogućnosti merenja efikasnosti u logističkim sistemima, procesima, aktivnostima, kao i u lancima snabdevanja.

#### **4.1.1. Merenje efikasnosti u skladištima i distributivnim centrima**

Kada je reč o performansama u skladištima i distributivnim centrima najčešće se misli na finansijske pokazatelje poput troškova po porudžbini, troškova skladištenja po jedinici, itd. Kao što je pomenuto u literaturi postoje disonantnosti u primeni finansijskih pokazatelja u logistici. Bez obzira na to, evidentno je da finansijski pokazatelji logističkih procesa ne pružaju informacije o suštini funkcionisanja logističkih procesa. Na osnovu njih se ne mogu unaprediti posmatrani logistički procesi. Sa druge strane, efikasnost predstavlja meru koja daje informacije o realizaciji određenih procesa i pruža mogućnost organizaciji da unapredi posmatrane procese. Za procenu efikasnosti u logistici koriste se, kako finansijski, tako i nefinansijski pokazatelji (tabela 4.1).

Većina modela za merenje efikasnosti bazirana je na DEA metodi, kao jednoj od najčešće korišćenih metoda u literaturi. DEA je široko primenjivana za poređenje efikasnosti jedinica odlučivanja u najrazličitijim oblastima počev od univerzitetskih biblioteka, preko obdaništa, bolnica i obrazovnih ustanova pa sve do aerodroma. DEA je takođe korišćena i za merenje efikasnosti banaka, zahteva za putovanjem, investicija u informacione tehnologije, svetskih kontejnerskih luka, trgovačkih kompanija, itd. Određeni broj radova koji se odnose na primenu DEA metode u logistici direktno je vezan za procenu efikasnosti 3PL provajdera, kako iz perspektive provajdera, tako i iz perspektive korisnika (Min i Joo, 2006). Osim pomenute oblasti postoji izvestan broj radova koji analiziraju efikasnost povratnih logističkih kanala uključujući i čvrsti otpad (Haas i ostali, 2003), kao i rad kontejnerskih terminala (de Koster i ostali, 2009). Ross i Droge (2002) istražuju efikasnost 102 distributivna centra u kontekstu velikih lanaca snabdevanja, kao i promenu te efikasnosti u vremenu. Hamdan i Rogers (2008) primenjuju DEA metodu za merenje efikasnosti 3PL operacija sa akcentom na skladišne operacije. U ovom radu upoređeni su rezultati dva DEA modela sa, ograničenjem i bez ograničenja u težinama.

**Tabela 4.1.** Indikatori efikasnosti u distributivnim centrima i skladištima

Članak	Ulazi	Izlazi	Oblast	Tip indikatora
Aminoff i ostali (2002)	Vremena rada zaposlenih	Iskorišćenost prostora i vremena	Skladišta	Operativni, pokazatelji iskorišćenja
Byrne i Markham (1991)	Vrednost zaliha/ukupni troškovi skladištenja, površina skladišta/ukupni troškovi skladištenja	Površina upotrebljenog prostora/trošak po jedinici površine	Skladišta	Finansijski
Chakraborty i ostali (2011)	Broj zaposlenih, ukupnih troškovi, prostor, zalihe	Stepen tačnosti, obim prodaja, vreme usluge	DC	Operativni, finansijski, kvalitativni
Hackman i ostali (2001)	Radna snaga, prostor, oprema za rukovanje i skladištenje	Opterećenje komisionara, investiranje u opremu za rukovanje, indeks izlaza robe iz skladišta	Skladišta i DC	Operativni pokazatelji i pokazatelji opreme
Hamdan i Rogers (2009)	Radno vreme, skladišni prostor, investiranje u tehnologiju, oprema	Promet, iskorišćenje prostora, ispunjenost porudžbina	Skladišta i DC	Operativni, kvalitativni, pokazatelji iskorišćenja
Korpela i ostali (2007)	Direktni troškovi, indirektni troškovi	Pouzdanost (vreme, kvalitet, količina), fleksibilnost (hitne isporuke, učestalost, specijalni zahtevi), kapacitet (promene u kapacitetu skladišta)	Skladišta	Kvalitativni, finansijski
de Koster i Balk (2008)	Veličina skladišta, stepen automatizacije, broj različitih kategorija proizvoda	Broj dnevnih isporuka, stepen logističkih aktivnosti koje dodaju vrednost, broj specijalnih procesa, procenat isporuka bez greške	Skladišta	Operativni, kvalitativni
Lu i Yang (2006)	Zaposleni, oprema, godišnji prihod, znanje	Odgovor na zahteve korisnika, inovacije	DC	Operativni,
Mentzer i Konard (1991)	Troškovi radne snage, administracije i objekta	Iskorišćenje skladišta	Skladišta	Troškovni i operativni
Min i Joo (2006)	Opšti troškovi, plate, ostali troškovi	Operativni prihod, faktori okruženja, socijalni zahtevi	Skladišta i DC	Finansijski
Paul (2008)	Površina poda skladišta, kapacitet skladišta, tip sistema za hlađenje, lokacija skladišta, promet	Potrošnja električne energije, potrošnja ostalih energenata	Skladišta	Energetski
Ross i Droge (2002)	Prosečno iskustvo zaposlenih, oprema, veličina voznog parka, prosečno vreme obrade porudžbine	Obim prodaje	DC	Pokazatelji opreme, finansijski

Kombinovanjem DEA i AHP metode (*Analytic Hierarchy Process*) moguće je izvršiti procenu skladišnih operatora sa aspekta kvalitativnih i kvantitativnih kriterijuma (Karpela i ostali, 2007). Yang i Kuo (2003) uz pomoć AHP i DEA rešavaju problem lejauta (*layout*) objekata. U istraživanju Hackman i ostali (2001) su napravili model sa više ulaza i izlaza za procenu efikasnosti skladišnih sistema. Kombinaciju DEA i AHP primenjuje i Ramanathan (2007) pri izboru snabdevača. Između ostalog Ramanathan potvrđuje i zaključke koji se odnose na odnos veličine skladišta, nivoa tehnologije i efikasnosti. Zhou i ostali (2008) uz pomoć DEA

metode definišu benčmark (*benchmark*<sup>6</sup>) vrednosti performansi za 3PL provajdere u Kini. U radu razmatraju promenu efikasnosti u vremenu, kao i međusobni uticaj pojedinih faktora na performanse. Benčmarking i praćenje internacionalnih performansi skladišnih operatora primenom DEA metode dat je u radu de Koster i Balk (2008). U postupku merenja efikasnosti u logistici korišćeni su različiti indikatori. Korpela i ostali (2007) zagovaraju upotrebu troškovnih indikatora kao ulaza i kvalitativnih pokazatelja kao izlaza. U tabeli 4.1. je dat pregled indikatora koji su u literaturi najčešće korišćeni za procenu efikasnosti skladišta i distributivnih centara. McKinnon i ostali (2003) daju okvir za procenu održivosti u skladišnom sektoru razlikujući mikro i makro nivo. Na mikro nivo pridružuju indikatore energije, potrošnju vode i ostalih energenata u samom objektu, dok u makro nivo svrstavaju faktore okruženja i društva sa posebnim akcentom na ekologiju i upotrebu zemljišta.

#### **4.1.2. Merenje efikasnosti u transportnim sistemima**

Na savremenom tržištu distribucija robe u velikoj meri zavisi od upotrebe drumskog transporta. U literaturi se koristi veliki broj različitih pristupa za merenje performansi teretnog transporta. Kim (2010) analizira efikasnost rada kamiona u međunarodnom transportu. DEA model za merenje efikasnosti 62 vozila definisan je uz pomoć tri izlazne i pet ulaznih kategorija (tabela 4.2). Cruijssen i ostali (2010) analiziraju efikasnost teretnog transporta u Holandiji. Simons i ostali (2004) definišu opštu efektivnost vozila (*Overall Vehicle Effectiveness – OVE*) i tvrde da je transportna efikasnost važna na ekonomskom, socijalnom i ekološkom nivou. Autori definišu osnovne gubitke u transportu: pauze vozača, produženje vremena utovara, gubitak u brzini i gubitak u kvalitetu. McKinnon (1999) analizira ključne indikatore performansi za lance snabdevanja hranom, sa posebnim akcentom na iskorišćenost vozila i energetske efikasnost. Koristi nekoliko indikatora: stepen praznih vožnji, efikasnost potrošnje goriva, odstupanje od rasporeda, vremensku i prostornu iskorišćenost vozila.

---

<sup>6</sup> *Benchmark* potiče od *benchmarking* i označava upoređivanje sa vrednostima (ili kompanijama) koje predstavljaju neku vrstu standarda (repera).

**Tabela 4.2.** Indikatori efikasnosti u transportnim sistemima

Članak	Pokazatelji	Oblast	Tip indikatora
Byrne i Markham (1991)	tkm/ukupni transportni troškovi, transportovana količina/ukupni troškovi transporta, ukupni transportni kapaciteti/troškovi kapaciteta	Vozni parkovi	Finansijski, operativni
Cruijssen i ostali (2010)	Radna snaga (plate, iskustvo vozača, ukupni časovi rada, broj zaposlenih); Oprema (broj kamiona, broj prikolica, ukupan kapacitet), nematerijalna imovina (informacije o tržištu, kontakt sa korisnicima, itd), dodata vrednost, profit	Vozni parkovi i vozila	Pokazatelji opreme i kapaciteta, operativni, finansijski, energetski
Davis i ostali (2009)	Potrošnja goriva, potrošnja maziva, potrošnja gasa; Emisija štetnih gasova	Vozila	Energetski i pokazatelji, Indikatori okruženja (životne sredine)
Kim (2010)	Troškovi zaposlenih, troškovi goriva, troškovi maziva, takse, osiguranje, pređena kilometraža, transportovana količina, transportno rastojanje	Vozni parkovi i vozila	Operativni, finansijski, energetski
Kuosmanen i Kortelainen (2005)	Pređena kilometraža, potrošnja goriva, Pritiske okruženja – nepoželjni ulazi (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, CO, NO <sub>x</sub> SO <sub>2</sub> ,)	Vozni parkovi i vozila	Operativni, energetski, indikatori okruženja (životne sredine)
McKinnon (1999)	Ispunjenost vozila, prazne vožnje, vremenska iskorišćenost vozila, odstupanje od rasporeda, potrošnja goriva	Vozni parkovi i vozila	Energetski, indikatori iskorišćenja
Neto i ostali (2009)	Masa sakupljenog materijal, masa recikliranog materijala	Vozni parkovi i vozila	Indikatori okruženja (životne sredine)
Simons i ostali (2004)	Operativni troškovi, potrošnja energije, štetne emisije, zaposleni, transportni gubici (pauze vozača, produženje vremena utovara, gubitak u popunjavanju, gubitak u brzini i gubitak u kvalitetu)	Vozni parkovi i vozila	Operativni, finansijski, energetski, Indikatori kvaliteta

Energetski indikatori postaju sve značajniji u logistici. U situaciji povećanih zahteva za potrošnjom energije, sa jedne strane, kao i cene, sa druge strane, ušteda energije postaje dominantna kategorija. Kuosmanen i Kortelainen (2005) definišu pritiske okruženja koji se pre svega odnose na nepoželjne izlaze u drumskom transportu. Autori apostrofiraju značaj pređenog rastojanja i potrošnje energije kao izuzetno važnih pokazatelja. Sarkis i Talluri (2004) istražuju merenje eko-efikasnosti primenom DEA metode. Oni razlikuju kvalitativne i kvantitativne ulaze i izlaze.



### 4.1.3. Merenje efikasnosti lanaca snabdevanja

Poslednjih decenija dolazi do ekspanzije radova iz oblasti lanaca snabdevanja. Optimizacioni modeli u lancima snabdevanja baziraju se na najrazličitijim kriterijumima kao što su: troškovi, nivo zaliha, profit, ispunjenje porudžbina, verovatnoća nedostatka zaliha, varijacije u zahtevima i kapacitet sistema. Većina determinističkih i stohastičkih problema se bavi izdvojenim delovima lanaca snabdevanja npr. snabdevač – proizvođač, proizvođač – distributivni centar itd. Pojedini modeli se bave strateškim zadacima u lancima snabdevanja (npr. lociranje skladišta, fabrika, distributivnih centara, itd.), dok se drugi bave rešavanjem problema koji su više operativne prirode (veličina porudžbine, nivo zaliha, stepen ispunjenja porudžbina, itd.).

Problem merenja performansi lanaca snabdevanja u literaturi je višestruko istican, ali je retko rešavan. Beamon (1999) ističe značaj kvalitativnih procena poput: dobar, loš, pogodan, slab, itd. Pomenuti autor naglašava da kvalitativni pokazatelji ne mogu na najbolji način opisati performanse nekog sistema. Neely i ostali (1995) kao centralne pokazatelje performansi navode efikasnost i efektivnost. Oni definišu proces merenja performansi kao proces kvantifikovanja efikasnosti i efektivnosti akcija. Efikasnost iskorišćenja resursa kompanije direktno utiče na smanjenje troškova i povećanje profitabilnosti. U literaturi postoji i veliki broj radova koji se bave analiziranjem indikatora performansi u lancima snabdevanja. Jasno je da ne postoje univerzalne mere za sve lance snabdevanja. Neophodno je svaki lanac snabdevanja posmatrati kao zasebnu celinu koju karakteriše jedinstven skup performansi. Osnovne grupe performansi koje u literaturi dominiraju i koje je moguće detaljnije analizirati su: performanse isporuke, pouzdanost lanca, dobit, zalihe i troškovi. U poslednje vreme sve više se upotrebljavaju efikasnost i efektivnost (tabela 4.3). Ove mere je teško svrstati u neku od prethodnih kategorija. Sličan stav imaju Gunasekaran i ostali (2004) koji ističu da različito formirane celine u različitim kompanijama zahtevaju nešto drugačije sisteme merenja. Takođe, napominju da za efektivno merenje performansi i njihovo unapređenje, ciljevi merenja moraju reprezentovati organizacione ciljeve i mere koji opisuju ravnotežu između finansijskih i

nefinansijskih mera koje se odnose na strateške, taktičke i operativne nivoe odlučivanja i kontrole.

**Tabela 4.3.** *Različiti pristupi definisanja efikasnosti u lancima snabdevanja*

Efikasnost u lancima snabdevanja	Glavna zapažanja
Mentzer (1991)	Efektivnost predstavlja meru u kojoj su ciljevi kompanije zadovoljeni.
Christopher (1998)	Troškovna i uslužna izvrsnost.
Dornier (1998)	Cilj logističkih sistema je maksimiziranje profitabilnosti.
Beamon (1999)	Stepen korišćenja resursa.
Bowersox i ostali (2000)	Kreiranje vrednosti korisnicima kroz ekonomsku i tržišnu vrednost.
Simch-Levy (2000)	Efikasni lanci snabdevanja moraju uzeti u obzir interakciju različitih nivoa.
Collin (2003)	Uspeh lanca snabdevanja zavisi od usluge korisnicima, kapitala i ukupnih troškova.

Prema Gunasekaran-u i ostali (2001) većina kompanija, u eri globalizacije i outsourcinga, šansu za konkurentnost na tržištu vide u logistici i lancima snabdevanja. Kompanije uviđaju, da u cilju postizanja efikasnih i efektivnih lanaca snabdevanja, pre svega moraju imati dobro razvijen sistem merenja. Autori razvijaju okvir za merenje performansi na strateškom, taktičkom i operativnom nivou. De Toni i ostali (2001) analiziraju performanse 115 proizvodnih kompanija. Oni razlikuju četiri osnovne dimenzije: troškove, vreme, fleksibilnost i kvalitet.

Pored velike važnosti merenja i unapređenja performansi, još uvek nema dovoljno radova u literaturi koji analiziraju merenje efikasnosti u lancima snabdevanja, kao i u njenim pojedinim karikama kao što su skladišta i distributivni centri. Profitabilnost i opstanak kompanija u velikoj meri zavisi od performansi lanaca snabdevanja. Većina radova u literaturi se fokusira na interne performanse efikasnosti, bez analize međusobnog uticaja ostalih učesnika u lancu na performanse.

Postojanje adekvatnih sistema merenja performansi predstavlja preduslov efikasnih i uspešnih lanaca snabdevanja. Međutim, u literaturi nema relevantnih istraživanja koji se bave ovom problematikom. Lanci snabdevanja predstavljaju složene sisteme sastavljene od velikog broja međusobno povezanih i uslovljenih procesa. Dugo su lanci snabdevanja i slični složeni sistemi i procesi posmatrani kao „crne kutije“, odnosno nije razmatrana njihova struktura i način funkcionisanja. Za

procenu efikasnosti lanaca snabdevanja neophodno je meriti performanse svih učesnika lanca uključujući snabdevače, proizvođače, trgovce, kao i krajnje korisnike.

U literaturi postoji značajan broj radova čiji je fokus merenje efikasnosti nezavisnih učesnika u lancima snabdevanja primenom DEA metode. Collin (2003) naglašava da je koeficijent obrta zaliha jedan od najčešće korišćenih indikatora efikasnosti, s obzirom da se njime opisuje brzina kretanja materijala u lancu snabdevanja. Isti autor navodi značaj usklađivanja internih procesa i aktivnosti sa karakteristikama okruženja u cilju postizanja efikasnih lanaca snabdevanja. Zahtevi u velikoj meri utiču na strukturu lanaca. Kompanije moraju pružiti mnogo više od konkurentnih proizvoda. U postupku smanjenja troškova i unapređenja nivoa usluga, kompanije moraju uzeti u obzir i interakciju na različitim nivoima u lancima snabdevanja (Simchi-Levi, 2000). Lanci snabdevanja se mogu posmatrati i kao složene logističke mreže koje čine snabdevači, proizvođači, skladišta, distributivni centri, trgovine, itd. Prilikom unapređenja efikasnosti u lancima snabdevanja neophodno je sprovoditi akcije koje unapređuju efikasnost kompletnog lanca, a ne samo nekih njegovih delova. U procesu merenja efikasnosti lanaca snabdevanja koriste se brojni indikatori (tabela 4.4).

**Tabela 4.4.** Indikatori efikasnosti u lancima snabdevanja

Članak	Pokazatelji	Oblast	Tip indikatora
Hervani i ostali (2005)	U rasponu od emisije do obnavljanja energije i reciklaže: emisija štetnih gasova, ukupna potrošnja energije, socijalni uticaj i uticaj na okruženje.	Lanci snabdevanja	Energetski, indikatori okruženja
Kalenoja i ostali (2011)	Razlikuju strateški, taktički i operativni nivo merenja. Troškovi, kvalitet, vreme, fleksibilnost, faktori okruženja, emisija CO <sub>2</sub> , ISO 14031 performanse (uslovi okruženja, indikatori performansi menadžmenta, operativni indikatori performansi)	Lanci snabdevanja	Finansijski, energetski, kvalitativni, faktori okruženja
Sarkis i Talluri (2004)	Kvantitativni ulazi (sirovine, energije, zaposleni) Kvalitativni ulazi (menadžerski planovi, ISO 14031, „zeleno poslovanje“) Kvantitativni izlazi (emisija, čvrsti otpad, penali prema društvenoj zajednici) Kvalitativni izlazi (uticaj na biodiverzitet, efekat staklene bašte, odgovornost prema društvu)	Lanci snabdevanja	Indikatori okruženja, kvalitativni, operativni

Kalenoja i ostali (2011) analiziraju indikatore energetske efikasnosti u lancima snabdevanja. Autori naglašavaju značaj potrošnje goriva, vode i električne energije, te ističu vezu između efikasnosti u lancima snabdevanja i zahteva ISO

14301 standarda<sup>7</sup>. Neto i ostali (2009) ističu problem balansa između zahteva životne sredine i poslovanja kompanije. Detaljni pregled indikatora merenja zelenih lanaca snabdevanja daju Hervani i ostali (2005).

Problem merenja efikasnosti lanaca snabdevanja u literaturi je apostrofirao kao problem merenja efikasnosti višefaznih (višeetpanih) procesa. Najčešće je reč o dvofaznim proizvodnim sistemima. Iz perspektive DEA metode, kao najčešće korišćene metode za merenje efikasnosti višefaznih procesa, postoji veliki broj modela i metoda koje se direktno ili uz izvesne modifikacije mogu primeniti na lance snabdevanja. Prema Cook i ostali (2010) pomenuti modeli se mogu klasifikovati u četiri grupe:

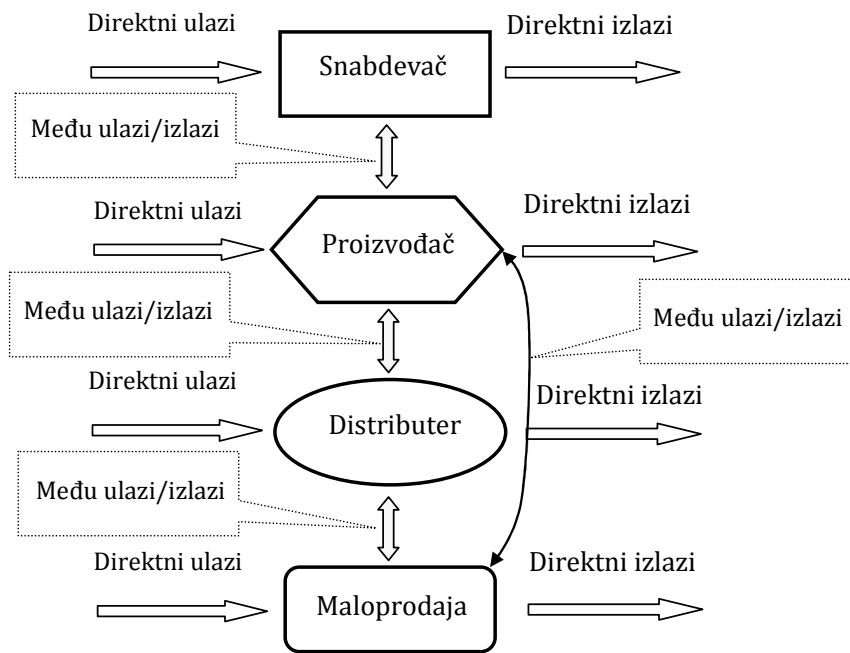
- standardni DEA modeli;
- modeli dekompozicije efikasnosti;
- mrežni DEA modeli;
- modeli bazirani na teoriji igara.

Osim pomenutih grupa uočena je još jedna grupa modela koju čine „*ne DEA*“ (*non DEA*) modeli.

U opštem slučaju struktura lanaca snabdevanja se može prikazati kao na slici 4.3. Svakog od učesnika karakterišu određene ulazne i izlazne veličine. Ove veličine se nazivaju direktni ulazi/izlazi. Međutim, u lancima snabdevanja se pojavljuju i veličine koje za jednog učesnika predstavljaju izlazne, dok za drugog predstavljaju ulazne veličine. Takve promenljive se nazivaju među ulazi ili među izlazi.

---

<sup>7</sup> Predstavlja međunarodni standard za merenje performansi zaštite životne sredine.



**Slika 4.3.** Opšta struktura merenja efikasnosti lanaca snabdevanja (prilagođeno prema Zhu, 2008)

Prema standardnom pristupu, lanac snabdevanja se posmatra kao „crna kutija“. Mrežnim modelima merenja efikasnosti u literaturi je posvećena najveća pažnja. Jedan od osnovnih modela na kome se baziraju današnji mrežni modeli opisali su Fare i Grosskopf (1996). Osnovni ideja modela dekompozicije efikasnosti bazira se na pretpostavci da ukupna efikasnost logističkog sistema predstavlja rezultat efikasnosti njegovih podistema, procesa i aktivnosti. Dva najznačajnija pristupa dekompozicije tvrde da se ukupna efikasnost može definisati kao aritmetička sredina (Liang i ostali, 2006), odnosno kao proizvod efikasnosti komponenti (Kao i Hwang, 2008). Prema prvom pristupu, ukupna efikasnost nekog sistema jednaka je aritmetičkoj sredini njegovih komponenti. Autori razlikuju nezavisne i zajedničke promenljive. Zajedničke promenljive su one promenljive koje u isto vreme predstavljaju ulaznu veličinu jedne, odnosno izlaznu veličinu druge komponente. Težinski koeficijenti ovih promenljivih po ovom pristupu mogu biti različiti prilikom procene efikasnosti prve i druge komponente. Model posmatra komponente kao nezavisne učesnike i ne opisuje funkcionisanje kompletnog sistema. Autori smatraju da bez razmatranja odnosa učesnika u lancu nema uspešne procene efikasnosti. S obzirom na to da opisani pristup ne uzima u obzir pomenuti odnos, može se zaključiti da model poseduje određena ograničenja.

Kao i Hwang (2008) uvode nešto drugačiji pristup u kome se u obzir uzimaju i zajedničke promenljive (međuproizvodi). Predmet njihovog razmatranja su sistemi čije se aktivnosti realizuju u dve faze. One su redno povezane, pa proizvod njihovih efikasnosti predstavlja efikasnost celokupnog sistema, odnosno jedinice odlučivanja. Predloženi pristup postavlja i uslov jednakosti težina međuproizvoda prve i druge faze što predstavlja značajan napredak i dobru osnovu razvoja budućih pristupa. Kao (2009) predlaže novi pristup merenja efikasnosti paralelno povezanih proizvodnih sistema. Kao osnovno svojstvo ovih sistema, pomenuti autor ističe da ukupna neefikasnost predstavlja zbir neefikasnosti pojedinih podsistema. Osnovna razlika između predloženog modela i osnovnog DEA modela ogleda se u tome što su sva ograničenja skupa jedinica odlučivanja zamenjena skupom proizvodnih jedinica koje ih čine. Suma ograničenja proizvodnih jedinica jednaka je ograničenjima celokupnog sistema. Diskriminaciona moć predloženog modela veća je od diskriminacione moći standardnog modela. Učesnici u lancima snabdevanja često se mogu posmatrati kao „igrači“ koji poseduju određene strategije u cilju maksimizacije sopstvene efikasnosti. U teoriji igara razlikuju se dva osnovna pristupa: kooperativni i nekooperativni. Nekooperativni pristup predstavlja situaciju u kojoj jedan od igrača predstavlja lidera, dok drugi igrač predstavlja pratioca. U literaturi je ovaj pristup poznatiji kao Stackelberg igra. Kooperativna igra predstavlja suštinski različit koncept čija je osnovna ideja saradnja igrača u cilju maksimizacije efikasnosti oba igrača (u slučaju igre sa dva igrača). U literaturi je poznat kao centralizovani model. Predmet pristupa koji predlažu Liang i ostali (2008) su dvoetafni sistemi. Pojavljuju se kooperativni i nekooperativni pristup. Na primer, proizvođač kao lider ima prednost u procesu postizanja efikasnosti, dok se trgovac kao pratilac mora prilagoditi u nekooperativnoj strategiji sa prodavcem kao liderom. U kooperativnoj strategiji prodavac i kupac žele zajednički da maksimiziraju efikasnost lanca, a ne samo nekih njegovih delova. Predloženi model bazira se na istovremenom maksimiziranju efikasnosti oba učesnika. Autori naglašavaju da njihov pristup nije u potpunosti u skladu sa opšte poznatom teorijom kooperativnih igara, po kojoj igrači mogu zajednički odlučivati na prostoru više igrača i da ga je ispravnije posmatrati kao centralizovani pristup merenja efikasnosti.

Model pogodbe (cenjkanja) za merenje efikasnosti u lancima snabdevanja predlažu Chen i ostali (2006) i predstavlja drugi pristup merenja efikasnosti lanaca snabdevanja baziran na teoriji igara. Kao i u prethodnim modelima, i u ovom pristupu je razmatran lanac koji čine dva učesnika, snabdevač i proizvođač. Istražena je „igra efikasnosti“ između pomenutih učesnika. Uočen je veći broj Neš ekvilibrjum<sup>8</sup> planova efikasnosti snabdevača odnosno proizvođača. Predložen je model pogodbe (cenjkanja) kao proces odlučivanja, odnosno donošenja najbolje strategije odlučivanja.

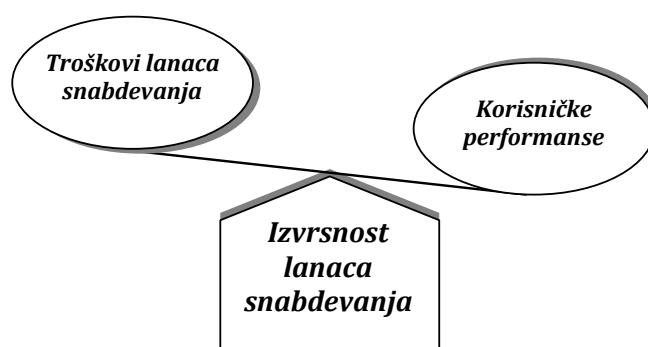
Autori definišu funkcije efikasnosti snabdevača i proizvođača. Definisane funkcije su inverzne. Konflikt između učesnika u lancu vezan je za među ulaze/izlaze. Na primer, ukoliko  $Y_s$  predstavlja profit snabdevača, odnosno trošak proizvođača, snabdevač teži maksimizaciji profita, dok proizvođač teži minimizaciji troškova proizvodnje. Upravo zbog toga je teško definisati efikasnost kompletnog lanca snabdevanja. Problem je moguće prevazići uz pretpostavku da postoji jedan donosilac koji se nalazi „iznad“ učesnika i koji ima sve neophodne informacije o učesnicima u lancu. Autori ovaj pristup nazivaju centralizovanim sistemom odlučivanja (kontrole). Međutim, u realnosti, ni snabdevač, ni proizvođač ne kontrolišu kompletan lanac, već svako od njih ima sopstvene inicijative i strategije. Ovaj slučaj je poznat kao decentralizovani sistem kontrole.

Proizvođač neće poslovati sa snabdevačem ukoliko ne može ostvariti minimalni nivo efikasnosti. U skladu sa tim snabdevač pokušava da ostvari maksimalnu uslovnu efikasnost. Slično opisanom slučaju snabdevač može definisati minimalni nivo efikasnosti  $\theta_s$ . U tom slučaju maksimalna zavisna efikasnost proizvođača bila bi  $E_M(\theta_s)$ . Kao i prethodne pristupe, i ovaj pristup karakteriše centralizovana i decentralizovana kontrola. U slučaju centralizovane kontrole postoji jedan donosilac odluke koji kontroliše efikasnosti snabdevača i proizvođača u cilju maksimiziranja efikasnosti čitavog lanca snabdevanja. Međutim, u slučaju decentralizovane kontrole snabdevač i proizvođač kontrolišu

---

<sup>8</sup> U teoriji igara *Nash equilibrium* je poznat kao stanje (rešenje) u kome su svi igrači odabrali svoje strategije i nijedan od njih ne može imati dodatne koristi promenom sopstvene strategije, dok strategije ostalih igrača ostaju nepromenjene.

sopstvene efikasnosti. Oba učesnika teže minimiziranju efikasnosti drugog, odnosno maksimiziranju sopstvene efikasnosti. Primena modela u većim lancima nije u potpunosti moguća. Problemu merenja efikasnosti u lancima snabdevanja je moguće pristupati i na druge načine. Retki su modeli merenja efikasnosti lanaca snabdevanja u logistici koji nisu bazirani na DEA metodi. Pristup koji predlože Pettersson (2008) predstavlja jedan od reprezenata ove grupe. Autor ističe da nivo usluge korisnicima i troškovi predstavljaju konfliktne strategije, te se najbolji rezultati mogu postići pronalaženjem balansa između postavljenih strategija. Smanjenje troškova u lancima snabdevanja može uticati na produženje vremena isporuke, s obzirom da se teži smanjenju nivoa zaliha. U uslovima savremenog tržišnog poslovanja kompanije moraju balansirati između troškova i performansi koje opažaju korisnici (slika 4.4). Na postoji univerzalni obrazac postizanja pomenutog balansa već je on funkcija vrste kompanije, odnosno proizvoda i usluga koja ona pruža. Ne njegovo uspostavljanje u velikoj meri utiču i korisnici odnosno njihovi zahtevi i želje.



**Slika 4.4.** *Izvrsnost lanaca snabdevanja*

Christopher (1998) smatra da se pri proceni efikasnosti lanaca snabdevanja moraju sagledati sve aktivnosti koje stvaraju vrednost, ali i donose dodatne troškove. Pettersson (2008) predlaže indeks kojim se jednostavno može procenjivati efikasnost lanaca snabdevanja u najrazličitijim granama industrije. Indeks se bazira na troškovima i pokazateljima pruženih usluga korisnicima. Troškove lanaca snabdevanja (*SCC – Supply Chain Cost*) autor grupiše u šest celina, a to su: administrativni troškovi, troškovi proizvodnje, troškovi skladištenja, troškovi distribucije, kapitalni troškovi i instalacioni troškovi.



Svaka od pomenutih grupa troškova može se dalje raščlanjivati. Ukupni troškovi u lancima snabdevanja predstavljaju sumu svih troškova. Lanci snabdevanja moraju težiti minimizaciji ukupnih troškova. Deljenjem ukupnih troškova sa graničnom prodajom kompanije (lanca) dobija se korisna informacija o učešću troškova u neto prodaji.

$$SCC_i = \frac{Ukupni SCC}{Granična prodaja} \quad (M 4.1)$$

Odnos troškova i granične prodaje predstavlja veličinu koja je mnogo pogodnija za poređenje različitih procesa, kompanija i sistema uopšte.

Druga važna komponenta predloženog indeksa jesu performanse koje se odnose na korisnike usluga. Od velikog broja potencijalnih pokazatelja Pettersson (2008) predlaže tri pokazatelja: preciznost isporuke (*DP – delivery precision*), vreme isporuke (*LT – lead-time*) i zadovoljstvo korisnika (*CS – customer satisfaction*). Ova tri pokazatelja se u literaturi navode kao najznačajniji. Pokazatelji su objedinjeni u jedinstveni indeks predstavljen kao:

$$PE_i = DP_i * LT_i * CS_i \quad (M 4.2)$$

Nakon definisanja osnovnih komponenti autor definiše indeks za merenje efikasnosti lanaca snabdevanja. Indeks je nazvan **prosečni logistički indeks** (AL - Average Logistic Index ) i jednak je:

$$AL_i = PE_i(1 - SCC_i) \quad (M 4.3)$$

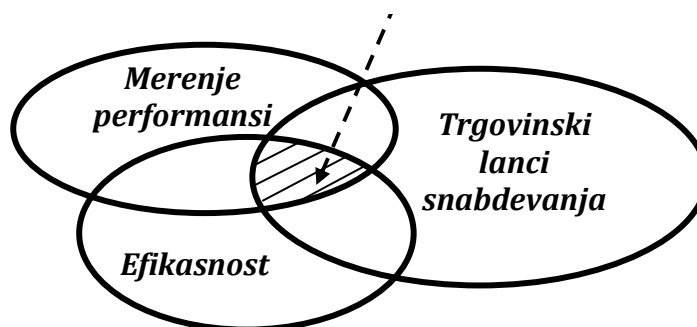
Lanci snabdevanja se mogu smatrati efikasnim ukoliko im je vrednost AL približno 1 odnosno 100%. Takvu vrednost mogu ostvariti kompanije sa niskim indeksom troškova i visokim indeksom performansi. Problem poboljšanja efikasnosti nije jednostavno rešiti. Na primer, unapređenje PE povećanjem preciznosti isporuke, podrazumeva povećanje nivoa zaliha, koje direktno utiču na povećanje SCC, a samim tim i na smanjenje AL. PE i SCC nisu linearno povezane veličine. Njihova korelacija zavisi od vrste i dela kompanije, ali i od perioda posmatranja. Iz tog razloga je neophodno neprestano praćenje i unapređenje indeksa efikasnosti.

U realnim sistemima je veoma teško dostići vrednost 1. Međutim, praćenje indeksa u različitim vremenskim intervalima pruža informacije o pravcu kretanja kompanije, odnosno lanca. Ne postoji univerzalna kombinacija PE i SCC. Odnos varira u zavisnosti od vrste kompanije, grane industrije, ali i okruženja. Pettersson (2008) testira predloženi pristup na realnom primeru kompanije Ericsson. Dobijeni rezultati pokazuju pogodnost primene predloženog indeksa. Međutim, osnovni nedostatak indeksa se ogleda u problemu primene na lance snabdevanja koji nisu u vlasništvu jedne kompanije, odnosno kompleksne lance snabdevanja sa više nezavisnih učesnika čiji je osnovni cilj maksimizacija sopstvene efikasnosti, kao i problema merenja u prisustvu drugih pokazatelja iz različitih grupa.

Posebnu grupu lanaca snabdevanja predstavljaju trgovinski lanci snabdevanja. U trgovinskim lancima snabdevanja se realizuje veliki deo robnih i finansijskih tokova jedne zemlje. U ovim tokovima se pojavljuje veliki broj nezavisnih aktera. U literaturi se najveća pažnja posvećuje povećanju kolaboracije (Stank i ostali, 1999) i izgradnji partnerskih odnosa među učesnicima. Koordinacija učesnika utiče na povećanje stepena usluge, ali i na smanjenje ukupnih troškova. Inače, u literaturi postoji veliki broj radova koji analizira troškove u trgovinskim lancima snabdevanja (Christopher (1998); Christopher i Gattorna (2005); Byrne i Heavey (2006)). Maloprodajni objekti predstavljaju poslednju kariku u lancu i imaju direktni kontakt sa kupcima. Maloprodajni objekat predstavlja kariku koja krajnjim korisnicima pruža prostornu, zatim vremensku korist, kao i korist od posedovanja proizvoda. Brojni su radovi koji analiziraju odnos učesnika u trgovinskim lancima. Građenje dobrog poslovnog odnosa sa ostalim učesnicima, kao i krajnjim korisnicima veoma je važno za uspeh trgovinskih lanaca. Sharma i ostali (1995) ispituju važnost logističkih usluga na zadovoljstvo korisnika u trgovinskim lancima. Takođe, predlažu strategije za poboljšanje zadovoljstva korisnika kroz strateško partnerstvo u lancu. Što se tiče samog procesa merenja efikasnosti u trgovinskim lancima snabdevanja većina pokazatelja se odnosi na finansijske mere i obim prodaje i prometa.

Iz svega navedenog evidentno je da se u literaturi koriste brojni indikatori efikasnosti. Kao što je ranije rečeno većina modela bazirana je na standardnim DEA

modelima kao i „single ratio“ pokazateljima. U literaturi nema radova u logistici koji analiziraju različite aspekte efikasnosti u logistici. Posebna praznina u literaturi predstavlja merenje efikasnosti logističkih aktivnosti u trgovinskim lancima (slika 4.5).



*Slika 4.5. Polje istraživanja*

Upravo ovo predstavlja jedan od osnovnih predmeta istraživanja u ovoj doktorskoj disertaciji.

## **4.2. OSNOVNI PRISTUPI MERENJA EFIKASNOSTI**

Merenje efikasnosti u literaturi bazirano je na različitim metodama. Modeli razvijani u ovoj disertaciji bazirani su na nekoliko različitih pristupa koji su detaljnije opisani u nastavku.

### **4.2.1. Analiza obavljanja podataka**

U literaturi postoji čitav spektar modela merenja efikasnosti baziranih na osnovnim DEA modelima. U ovom delu rada detaljnije je opisana formulacija osnovnog standardnog CCR (Charnes Cooper i Rhodes – Charnes i ostali 1978) DEA pristupa koji predstavlja osnovu svih današnjih pristupa. Dualna<sup>9</sup> formulacija ovog modela ima sledeći oblik:

$$\text{Min } Z_k - \varepsilon \left( \sum_{r=1}^s s_r^+ + \sum_{i=1}^m s_i^- \right)$$

<sup>9</sup> U teoriji operacionih istraživanja jedna od osnovnih teorema je teorema o dualnosti, po kojoj svaki zadatak lineranog programiranja ima svoju dualnu formulaciju.

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - y_{rk} - s_r^+ = 0, r = 1, 2, \dots, s$$

$$Z_k x_{ik} - \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} - s_i^- = 0, i = 1, 2, \dots, m$$

$$\lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0, i = 1, 2, \dots, m, r = 1, 2, \dots, s, j = 1, 2, \dots, n$$

$$Z_k - \text{neograničeno} \tag{M 4.4}$$

Skup jedinica odlučivanja čini  $n$  DMU ( $j = 1, 2, \dots, n$ ), pri čemu svaku od njih karakteriše  $m$  ulaznih ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) i  $s$  izlaznih veličina ( $r = 1, 2, \dots, s$ ). Vrednost  $i$ -te ulazne promenljive označava se sa  $x_{ij}$ , dok  $y_{rj}$  označava vrednost  $r$ -te izlazne promenljive DMU <sub>$j$</sub> .  $\epsilon$  predstavlja malu pozitivnu vrednost. Promenljiva  $Z_k$  naziva se faktor intenziteta i pokazuje koliko je moguće da DMU <sub>$k$</sub>  proporcionalno smanji sve ulazne promenljive u slučaju ulazne orijentacije, odnosno povećati izlazne u slučaju izlazne orijentacije. Uz pomoć težinskih koeficijenata  $\lambda_j$  definišu se ciljne vrednosti neefikasnih jedinica. Prikazani model pretpostavlja konstantni prinos na obim. Promenljive  $s_r^+$  i  $s_i^-$  predstavljaju manjkove u ulaznim, odnosno viškove u izlaznim promenljivim. Prikazani model je moguće rešavati u dve faze. U prvoj fazi, odnosno u prvom zadatku linearnog programiranja vrši se optimizacija vrednosti  $Z_k$ , dok se u drugoj fazi vrši optimizacija izravnavajućih vrednosti.

U cilju određivanja čiste tehničke efikasnosti Banker i ostali (1984) dali su proširenje originalnih CCR modela<sup>10</sup>. Ovo proširenje zapravo podrazumeva dodavanje ograničenja (drugo ograničenje u modelu M 7.2). Ovo ograničenje omogućuje promenljivi prinos na obim (povećanje ulaza ne mora rezultovati proporcionalnu promenu izlaza) i obezbeđuje da referentan skup bude formiran kao konveksna kombinacija DMU koje su u njemu (one koje imaju pozitivne vrednosti dualnog težinskog koeficijenta  $\lambda$  u optimalnom rešenju). BCC model meri čistu tehničku efikasnost, odnosno daje meru efikasnosti koja ignoriše uticaj obima poslovanja tako što se DMU <sub>$k$</sub>  poredi samo sa drugim jedinicama sličnog obima poslovanja. Efikasnost obima koja pokazuje da li posmatrana jedinica posluje sa

---

<sup>10</sup> Dve su osnovne razlike između CCR i BCC modela. BCC model meri čistu tehničku efikasnost, a CCR model ukupnu tehničku efikasnost pa je BCC indeks efikasnosti uvek veći ili jednak od CCR indeksa efikasnosti. CCR model zahteva konstantan prinos na obim, dok BCC model dopušta promenljivi prinos na obim.

optimalnim obimom operacija može se dobiti kada se mera efikasnosti koju daje CCR model (TE) podeli sa merom efikasnosti koju daje BCC model (PTE).

U odnosu na primarni CCR model, primarni BCC model sadrži dodatnu promenljivu  $u^*$  koja definiše položaj pomoćne hiperravni koja leži na svakoj ili iznad svake DMU uključene u analizu. Ovaj model proverava da li je  $DMU_k$  postigla željeni nivo izlaza sa minimalnim angažovanjem ulaza, i od svih mogućih hiperravni koje prekrivaju sve DMU, bira se ona kod koje je horizontalno rastojanje od posmatrane DMU do hiperravni najmanje. Primarni BCC DEA model ima sledeći oblik:

$$\begin{aligned}
 \text{Min } h_k &= \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rk} + u_k^* \\
 \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} &= 1 \\
 \sum_{j=1}^n \mu_j y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + u_k^* &\leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \\
 \mu_r &\geq \varepsilon, \quad r = 1, 2, \dots, s \\
 v_i &\geq \varepsilon, \quad i = 1, 2, \dots, m
 \end{aligned}
 \tag{M 4.5}$$

Slično prethodnom slučaju  $h_k$  predstavlja rezultujuću efikasnost,  $\mu_r$  i  $v_i$  predstavljaju težinske koeficijente dodeljene odgovarajućim ulaznim i izlaznim promenljivama, dok  $\varepsilon$  predstavlja mali broj veći od nule. Ukoliko postoji razlika u efikasnostima dobijenih primenom CCR i BCC modela evidentno je da postoji neefikasnost kao posledica obima poslovanja. Može se postaviti sledeća jednakost:

$$TE \text{ (Tehnička efikasnost - CCR)} = PTE \text{ (Čista tehnička efikasnost - BCC)} \times SE \text{ (Efikasnost obima poslovanja)}^{11}$$

---

<sup>11</sup> Scale efficiency (SE) – U DEA terminologiji jedinica je SE kada je njena veličina (obim operacija) optimalan, tako da će bilo koja promena učiniti jedinicu manje efikasnom.

## 4.2.2. PCA-DEA pristup

### *Analiza glavnih komponenti*

Analiza glavnih komponenti datira još iz devetnaestog veka (Beltrami, 1873; Jordan, 1874). Nakon toga popularizaciji doprinosi Pearson (1901), ali praktične računске metode razvijene su znatno kasnije. Šira primena ove tehnike, zbog kompleksnog računa, počinje tek sa većim mogućnostima računara. Analiza glavnih komponenti je tehnika formiranja novih ("veštačkih") promenljivih koje su linearne kombinacije izvornih promenljivih. Maksimalni broj novih promenljivih koji se može formirati jednak je broju izvornih. Nove promenljive nisu u međusobnoj korelaciji (Sharma, 1996). Glavni aspekti analize glavnih komponenti su sažimanje i analiza linearne povezanosti većeg broja različito distribuiranih, kvantitativnih, međusobno koreliranih promenljivih, u manji broj komponenti, novih promenljivih, međusobno nekoreliranih, sa minimalnim gubitkom informacija (Pecina, 2006). Osnov za analizu glavnih komponenti čini  $p$  promenljivih i  $n$  opažaja. Ove promenljive i opažaji formiraju matricu dimenzija  $p \times n$ :

<i>Opažaj</i>	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$\dots$	$X_p$
1	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$\dots$	$x_{1p}$
2	$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$	$\dots$	$x_{2p}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\dots$	$\vdots$
$n$	$x_{n1}$	$x_{n2}$	$x_{n3}$	$\dots$	$x_{np}$

Cilj analize je kreiranje  $p$  linearnih kombinacija izvornih promenljivih (Sharma 1996.).

$$\begin{aligned}\xi_1 &= w_{11}X_1 + w_{12}X_2 + \dots + w_{1p}X_p \\ \xi_2 &= w_{21}X_1 + w_{22}X_2 + \dots + w_{2p}X_p \\ &\vdots \\ \xi_p &= w_{p1}X_1 + w_{p2}X_2 + \dots + w_{pp}X_p\end{aligned}\tag{M 4.6}$$

gde su  $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_p$ ,  $p$  glavnih komponenti i  $w_{ij}$  su koeficijenti tj. konstante koje čine koeficijente  $j$ -te promenljive za  $i$ -tu glavnu komponentu. Težine  $w_{ij}$  su procenjene na sledeći način tako da:

- prva glavna komponenta,  $\xi_1$ , objašnjava maksimum varijanse iz podataka, druga glavna,  $\xi_2$ , objašnjava maksimum varijanse koja je ostala neobjašnjena prvom i tako dalje;
- $w_{i1}^2 + w_{i2}^2 + \dots + w_{ip}^2 = 1 \quad i = 1 \dots p$
- $w_{i1}w_{j1} + w_{i2}w_{j2} + \dots + w_{ip}w_{jp} = 0 \quad \text{za sve } i \neq j$

Uslov da zbir kvadrata konstanti iznosi 1 (tačka dva prethodnog nabiranja), zadat je zbog neophodnosti fiksiranja skale novih promenljivih. U protivnom, moguće bi bilo povećati varijansu linearne kombinacije jednostavnom promenom skale (Pecina, 2006). Uslov iz treće tačke prethodnog nabiranja osigurava međusobnu nekoreliranost novih promenljivih (nove ose međusobno su ortogonalne). Konstante se nazivaju **sopstveni vektori** (eigenvektori (*eng. eigenvectors*)) ili latentni vektori i geometrijski su u dvodimenzionalnoj strukturi, u stvari, sinusi i kosinusi uglova novih osa tj. glavnih komponenti. Transformisane vrednosti izvornih promenljivih predstavljaju **rezultate glavnih komponenti** (principal component scores).

Suma varijansi svih izvornih promenljivih je ukupna varijansa. Deo te ukupne varijanse objašnjen jednom glavnom komponentom naziva se **sopstvena vrednost** (eigenvrednost (*eng. eigenvalue*)). Sopstvena vrednost je, kako je već objašnjeno u načinu procene sopstvenih vektora,  $w_{ij}$ , najveća u prvoj glavnoj komponenti i u svakoj sledećoj njena je vrednost sve manja. Suma svih sopstvenih vrednosti jednaka je ukupnoj varijansi. Cilj je, iteracijskim postupkom, izdvojiti veći deo ukupne varijanse u nekoliko prvih glavnih komponenti, što se uobičajeno izražava u kumulativnim procentima ukupne varijanse, i time redukovati broj izvornih promenljivih. Sopstvena vrednost je zapravo varijansa izračunata iz skupa rezultata glavne komponente što se može prikazati sistemom jednačina:

$$\begin{aligned}
w_{11}x_1 + w_{12}x_2 + \dots + w_{1p}x_p &= \lambda x_1 \\
w_{21}x_1 + w_{22}x_2 + \dots + w_{2p}x_p &= \lambda x_2 \\
&\vdots \\
w_{p1}x_1 + w_{p2}x_2 + \dots + w_{pp}x_p &= \lambda x_p
\end{aligned}
\tag{M 4.7}$$

ili u obliku matrice :

$$Wx = \lambda x \quad \text{ili} \quad (W - \lambda I)x = 0$$

gde je I jedinična matrica  $p \times p$  sa vrednostima jedan u dijagonali, 0 je  $p \times 1$  nula-vektor, a vrednosti skalara  $\lambda$  sopstvene su vrednosti matrice  $W$ . Ako se za  $i$ -tu sopstvenu vrednost  $\lambda_i$ , postavi  $x_{1i} = 1$ , tada se rezultirajući vektor zove  $i$ -ti sopstveni vektor matrice A i ima sledeći oblik:

$$X_i = \begin{bmatrix} 1 \\ x_{2i} \\ x_{3i} \\ \vdots \\ x_{ni} \end{bmatrix}$$

Izvesno je da je proces dobijanja sopstvenih vektora i vrednosti ključni matematički problem, a rešava se pomoću rastavljanja sopstvenih vrednosti (*Singular Value Decomposition – SVD*). SVD izražava bilo koju matricu tipa  $n \times p$  (gde je  $n \geq p$ ) kao trostruki proizvod tri matrice P, D i Q tako da:

$$X = PDQ' \tag{M 4.8}$$

gde je X matrica tipa  $n \times p$  ranga kolone  $r$ , P je  $n \times r$  matrica, D je dijagonalna matrica  $r \times r$ , a Q' je matrica  $r \times p$ . Matrice P i Q su ortogonalne pa je:

$$P'P = I, i$$

$$Q'Q = I \tag{M 4.9}$$

Kolona  $p$  matrice Q' sadrži sopstvene vektore matrice  $X'X$ , a dijagonala matrice D sadrži korene odgovarajućih sopstvenih vrednosti matrice  $X'X$ . Sopstvene vrednosti matrica  $X'X$  i  $XX'$  su iste. Zavisno od problema, vrste promenljive i skale njihovog merenja, ulazna matrica može biti ili matrica kovarijansi ili matrica korelacija. Matrica kovarijansi C je simetrična:



$$C = \begin{bmatrix} cov_{11} & cov_{12} & \cdots & cov_{1p} \\ cov_{21} & cov_{22} & \cdots & cov_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ cov_{p1} & cov_{p2} & \cdots & cov_{pp} \end{bmatrix}$$

Kovarijanse  $cov_{ii}$  su varijanse  $s_i^2$ .

Matrica korelacija R (kao i C) mora biti simetrična:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1p} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \cdots & r_{pp} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & \cdots & r_{1p} \\ r_{21} & 1 & \cdots & r_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

Prilikom primene PCA očekuje se da će većina novih promenljivih činiti šum (*noise*), i imati tako malu varijansu da se ona može zanemariti, tj. da će većinu informacija sadržati u prvih nekoliko  $\xi$  promenljivih – glavnih komponenti, čije su varijanse značajne veličine. Dakle, iz velikog broja izvornih promenljivih formirano je svega nekoliko glavnih komponenti koje nose većinu informacija i čine glavni oblik (*pattern*). U slučaju da su izvorne promenljive nekorelirane, analiza ne daje povoljne rezultate. Najbolji rezultati mogu se postići kad su izvorne promenljive visoko pozitivno ili negativno korelirane. Tada se može očekivati da će npr. 20–30 promenljivih biti obuhvaćeno sa 2 ili 3 glavne komponente.

PCA nije osetljiva na probleme normalnosti, linearnosti i homogenosti varijansi. Kao što je rečeno, određena doza multikolinearnosti je i poželjna. Osnovni koraci u analizi glavnih komponenti su (Pecina 2006):

- standardizacija promenljivih;
- izračunavanje matrice korelacija između svih izvornih standardizovanih promenljivih;
- pronalaženje sopstvenih vrednosti glavnih komponenti;
- odbacivanje onih komponenti koje su nosioci proporcionalno malog udela varijanse (obično prvih nekoliko nose 80%–90% ukupne varijanse).

Osnovu za interpretaciju glavnih komponenti čine sopstveni vektori. Njihove vrednosti su u prvoj glavnoj komponenti najčešće relativno ravnomerno raspoređene po svim izvornim promenljivim. U drugoj glavnoj komponenti dolazi do njihove veće disproporcije, što omogućava izdvajanje izvorne promenljive (ili nekoliko njih) sa jačim učešćem i pomaže u objašnjavanju i objedinjavanju ukupne promenljivosti.

Rezultati glavnih komponenti mogu pre svega poslužiti za dalju interpretaciju rezultata, često grafičkim putem. Osim pomenutog, glavne komponente se mogu upotrebiti kao ulazne promenljive u drugim multivarijantnim metodama kao npr. klaster, regresiona i diskriminaciona analiza. Prednost korišćenja skorova je u tome što nove promenljive nisu međusobno korelirane, čime je rešen problem multikolinearnosti. Međutim, probleme druge vrste tada može izazvati nemogućnost logične interpretacije glavnih komponenti.

### **PCA-DEA modeli**

U literaturi se PCA koristi u kombinaciji sa DEA metodom. PCA se koristi za povećanje diskriminacione moći DEA modela (Adler i Golany, 2001–2002). Hair i ostali (1995) definišu slučajni vektor  $X=[X_1, X_2, \dots, X_p]$ , ( $p$  je broj izvornih ulaza/izlaza odabranih da budu agregirani), koji ima korelacionu matricu  $C$  sa sopstvenim vrednostima  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$  i normalizovanim sopstvenim vektorima  $l_1, l_2, \dots, l_p$ . U narednim relacijama  $t$  predstavlja operator transponovanja:

$$X_{PC_i} = l_i^t = l_{1i} X_1 + l_{2i} X_2 + \dots + l_{pi} X_p, i = 1, 2, \dots, p$$

$$\text{Var}(X_{PC_i}) = l_i^t C l_i, i = 1, 2, \dots, p$$

$$\text{Correlation}(X_{PC_i}, X_{PC_k}) = l_i^t C l_k, i = 1, 2, \dots, p, k = 1, 2, \dots, p, i \neq k \quad (\text{M 4.10})$$

Glavne komponente  $X_{PC_1}, X_{PC_2}, \dots, X_{PC_p}$  predstavljaju nekorelirane linearne kombinacije rangirane prema varijansama u opadajućem poretku. Često se PCA ne primenjuje na celokupan skup podataka. Skup ulaznih promenljivih  $X = \{X_0, X_{Lx}\}$  i  $Y = \{Y_0, Y_{Ly}\}$ , gde  $X_0(Y_0)$  predstavlja originalne podatke, a  $X_{Lx}(Y_{Ly})$  predstavlja transponovane vrednosti. Donosilac odluke definiše stepen zadržavanja podataka. Stepem zadržavanja podataka određuje nivo informacija koje će biti izgubljene,

usled gubitka informacija sadržanih u odbačenim podacima. U određenim slučajevima je moguće zadržati jednu grupu izvornih podataka, dok se analiza glavnih komponenti može primeniti na drugu grupu podataka. Na primer, ukoliko se izlazi mogu podeliti na pokazatelje koji direktno opisuju upotrebu resursa (kapital, radna snaga) i indirektno pokazatelje kao što je uticaj na okruženje, logično je primeniti PCA na indirektno pokazatelje koji su često u jakoj korelaciji. Takvi pokazatelji se mogu zameniti sa minimalnim gubitkom informacija. Neka je  $L_x = \{l_{ij}^x\}$  matrica linearnih koeficijenata ulaznih podataka, a  $L_y = \{l_{st}^y\}$  matrica linearnih koeficijenata izlaznih podataka. Shodno tome  $X_{PC} = L_x X_{Lx}$  i  $Y_{PC} = L_y Y_{Ly}$  predstavljaju težinske sume odgovarajućih izvornih podataka. U tom smislu za posmatranu DMU<sub>a</sub> se mogu postaviti sledeći PCA-DEA model:

$$\begin{aligned}
 & \underset{V_0, V_{PC}, U_0, U_{PC}}{\text{Max}} \quad U_0 Y_0^a + U_{PC} Y_{PC}^a \\
 & \text{s.t.} \quad V_0 X_0^a = 1 \\
 & \quad \quad V_{PC} X_{PC}^a = 1 \\
 & \quad \quad V_0 X_0 + V_{PC} X_{PC} - U_0 Y_0 - U_{PC} Y_{PC} \geq 0 \\
 & \quad \quad V_{PC} L_x \geq 0 \\
 & \quad \quad U_{PC} L_y \geq 0 \\
 & \quad \quad V_0, U_0 \geq 0, V_{PC}, U_{PC} \text{ free}
 \end{aligned} \tag{M 4.11}$$

Prikazani model baziran je na funkciji rastojanja i ima izvesne prednosti u odnosu na druge metode: operiše višestrukim ulazima i izlazima; ne zahteva funkcionalnu povezanost ulaznih i izlaznih veličina; vrši direktno poređenje DMU unutar homogenog skupa; ulazi i izlazi mogu biti najrazličitije veličine izražene u bilo kojim jedinicama. Model ne zahteva informacije o cenama i identifikuje neefikasan raspored resursa.

Osim pomenutih pristupa u literaturi posebno se izdvaja Analiza stohastičkih granica (*Stochastic Frontiers Analysis – SFA*). Glavna prednost DEA pristupa u odnosu na SFA pristup, kao i druge pristupe, ogleda se u činjenici da za primenu DEA pristupa nije potrebna nikakva pretpostavka u vezi sa zavisnosti ulaza i izlaza, kao i greške u pretpostavljenoj zavisnosti. Jedan od najčešće korišćenih pristupa za merenje efikasnosti u vremenu jeste Malmkvistov indeks (*Malmquist Index – MI*).

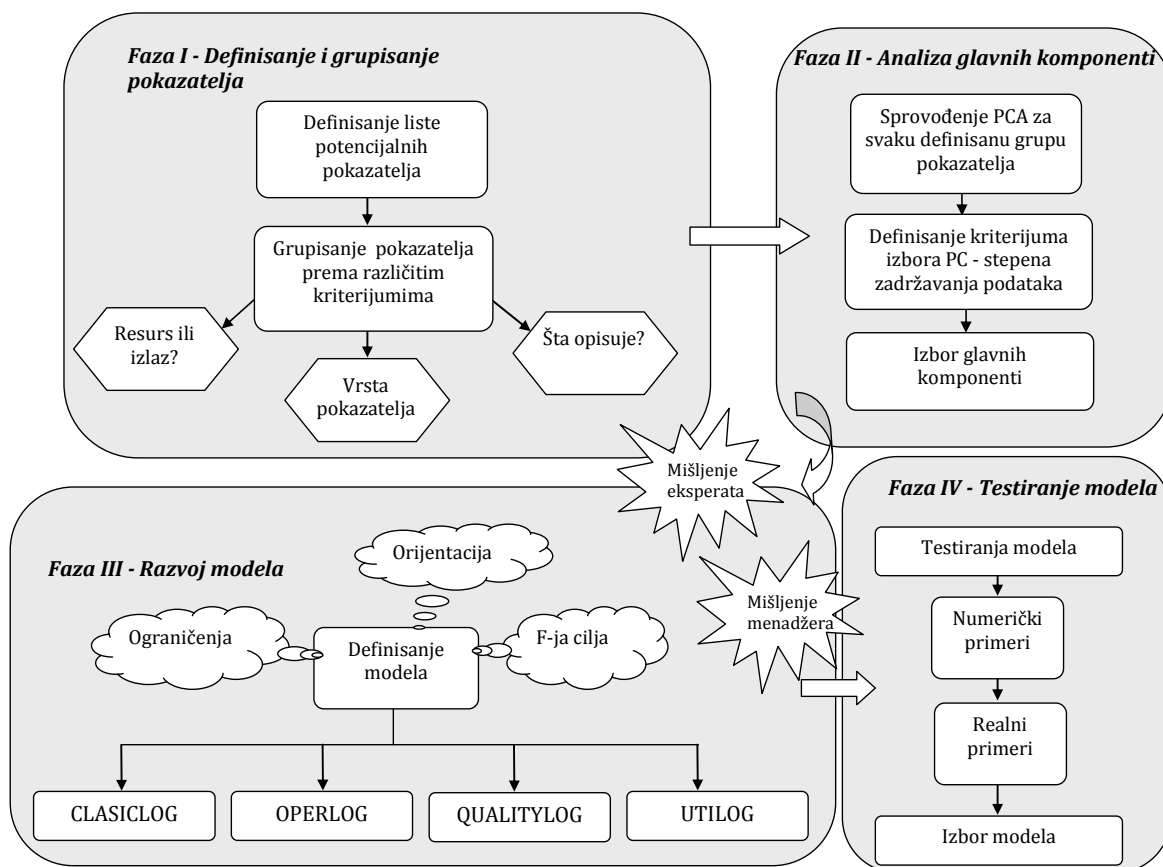
# **5. MODELI MERENJA I UNAPREĐENJA EFIKASNOSTI LOGISTIČKIH PROCESA U DISTRIBUTIVNIM CENTRIMA**

U ovom poglavlju razvijeni su modeli merenja i unapređenja efikasnosti logističkih procesa u distributivnim centrima. U prvom delu je razvijen novi model merenja efikasnosti distributivnih centara kao najznačajnijih elemenata distributivnih mreža. Predloženi modeli, između ostalog, rešavaju problem merenja efikasnosti u prisustvu velikog broja pokazatelja. U drugom delu poglavlja razvijen je model merenja procesa u distributivnim centrima koji se bazira na pristupu dekompozicije efikasnosti. Osim merenja efikasnosti, modeli pružaju korisne informacije o eventualnim unapređenjima neefikasnih centara i procesa. Korektivne akcije detaljno su definisane u trećem delu ovog poglavlja.

## **5.1. MERENJE EFIKASNOSTI DISTRIBUTIVNIH CENTARA U MREŽI**

Struktura logističkih procesa distribucije proizvoda veoma je kompleksna. Između ostalog, ona je uslovljena stepenom povezanosti pojedinih aktera u procesu nabavke i distribucije robe do krajnjih korisnika. Distributivni centri predstavljaju glavne čvorove u distributivnim mrežama. Jedan od glavnih problema u postupku merenja efikasnosti distributivnih centara odnosi se na

izbor pokazatelja. Logističke procese i aktivnosti koji se realizuju u logističkim sistemima opisuju različiti pokazatelji izraženi u raznorodnim jedinicama. Broj ovih pokazatelja u konkretnim sistemima je prilično veliki. Usled nemogućnosti donošenja odluka na osnovu brojnih nezavisnih parcijalnih pokazatelja, neophodno je izvršiti njihovu redukciju. Drugi problem koji je rešavan u ovom delu odnosi se na ispitivanje uticaja različitih pokazatelja na rezultujuće efikasnosti. Na toj osnovi, u ovoj disertaciji su razvijeni modeli za merenje efikasnosti logističkih sistema u prisustvu velikog broja heterogenih pokazatelja. U postupku razvoja modela korišćene su relevantne informacije o funkcionisanju distributivnih centara. Osim strateških informacija dobijenih od menadžera kompanija, uzete su u obzir i informacije o funkcionisanju posmatranih sistema na operativnom nivou. Koncept modela za merenje efikasnosti DC prikazan na slici 5.1. sastoji se iz četiri celine koje su detaljnije opisane u nastavku.



**Slika 5.1.** Koncept razvoja modela merenja efikasnosti logističkih sistema

### 5.1.1. Definisanje i grupisanje pokazatelja

Prva faza podrazumeva definisanje i grupisanje indikatora. U ovoj fazi je poželjno koristiti informacije o funkcionisanju analiziranog sistema. Takođe neophodno je izvršiti grupisanje pokazatelja prema vrsti, prema podsistemu kome pripada, kao i prema nivou odlučivanja. U skladu sa tim je potrebno definisati što širi skup pokazatelja.

Grupisanje pokazatelja u logistici se može izvršiti na različite načine. Sa aspekta nivoa merenja moguće je definisati pokazatelje na strateškom, taktičkom i operativnom nivou. Distributivni centri predstavljaju kompleksne sisteme sa brojnim, međusobno uslovljenim podsistemima, procesima i aktivnostima. Svaki podsistem, proces ili aktivnost karakterišu određeni pokazatelji. Kao što je ranije navedeno osnovni procesi u DC između ostalog su: prijem, kontrola, pakovanje, skladištenje, komisioniranje, utovar, otprema, itd. U skladu sa osnovnim podsistemima u DC razlikuju se transportni i skladišni indikatori. Međutim, u realnim sistemima nije moguće uvek jednostavno izvršiti ovu kategorizaciju. Tako na primer, broj isporuka i promet predstavljaju pokazatelje koji se realizuju, kako u skladišnom, tako i u transportnom podsistemu, pa se mogu posmatrati kao pokazatelji DC kao celine.

U posmatranom slučaju mogu se definisati sledeće grupe pokazatelja: pokazatelji resursa, operativni pokazatelji (pokazatelji funkcionisanja), finansijski, kvalitativni, energetske pokazatelji, kao i pokazatelji okruženja (društveno-socijalni). Pomenute grupe pokazatelja se dalje mogu podeliti na one sa kvalitativnim i kvantitativnim obeležjima. U tu svrhu izvršeno je istraživanje najčešće korišćenih pokazatelja u DC koji posluju na području Srbije<sup>12</sup>. Na osnovu sprovedenog istraživanja zaključeno je da se u realnim sistemima prati oko tridesetak pokazatelja. Pokazatelji su prikazani u tabeli 5.1.

Prikazani pokazatelji predstavljaju realne indikatore DC trgovinskih lanaca koji posluju u Srbiji. Menadžment kompanije može pratiti parcijalne aktivnosti i

---

<sup>12</sup> Prikazani pokazatelji rezultat su istraživanja i intervjua sa menadžerima najvećih trgovinskih lanaca u Srbiji.

procesu uz pomoć ovih indikatora, ali ne može steći potpunu sliku o funkcionisanju celokupnog sistema. Neophodno je definisati integrisanu meru koja će na neki način objediniti sve ove pokazatelje<sup>13</sup>. Takvom merom bi se na mnogo brži i sveobuhvatniji način mogla dobiti slika o funkcionisanju sistema, ali i definisati odgovarajuće korektivne akcije.

**Tabela 5.1.** Najčešće korišćeni pokazatelji u distributivnim centrima

Tip	Indikator	U/I <sup>a</sup>	S/T <sup>b</sup>
Pokazatelji resursa (kapaciteta)	Broj vozila	U	T
	Broj viljuškara	U	S
	Zaposleni u skladištu	U	S
	Zaposleni u transportu	U	S
	Površina skladišta	U	S
	Broj paletnih mesta	U	S
Energetski pokazatelji	Potrošnja goriva	U	T
	Potrošnja električne energije	U	S
	Ostali troškovi energije (voda, gas)	U	S
	Komunalni troškovi	U	S
Operativni pokazatelji	Broj zahteva	U	S-T
	Prekovremeni sati u skladištu	U	S
	Prekovremeni sati vozača	U	T
	Troškovi održavanja vozila	U	T
	Prekovremeni sati vozača/vozaču	U	T
	Prevezene palete	I	T
	Pređeno rastojanje	I	T
	Broj isporuka	I	S-T
	Komisione transakcije	I	S
	Tura/vozaču	I	T
	Isporuka/vozaču	I	T
	Tona/vozaču	I	T
	Paleta/vozaču	I	T
	Rastojanje/vozaču	I	T
	Komisione transakcije/komisionaru	I	W
	Promet	I	S-T
Iskorišć.	Vremenska iskorišćenost vozila	I	T
	Prostorna iskorišćenost vozila	I	T
	Prostorna iskorišćenost skladišta	I	S
Kvalitativni pokazatelji	Greške u skladištu	I	S
	Greške u transportu	I	T
	Otpis robe sa isteklim rokom	I	S
	Ukupne greške	I	S-T

<sup>a</sup>U-Ulaz; I-Izlaz; <sup>b</sup> S-Skladišni indikator; T-Transportni indikator

<sup>13</sup> U razgovoru sa menadžerima analiziranih kompanija došlo se do ovog zaključka.

Prvu grupu pokazatelja u tabeli 5.1. čine pokazatelji resursa neophodnih za uspešnu distribuciju proizvoda. Ovo su zapravo najčešće korišćeni indikatori u literaturi (Ross i Droge, 2002; Hamdan i Rogers, 2009, Hackman i ostali, 2001). Oni se prvenstveno se odnose na broj viljuškara i vozila, kao i broj zaposlenih. U ovu grupu spadaju i dva najčešće korišćena pokazatelja veličine objekta. Prvi pokazatelj je površina objekta, dok je drugi broj paletnih mesta. Broj paletnih mesta, kao pokazatelj veličine objekta, pruža znatno više informacija od površine objekta.

Najveću grupu čine operativni pokazatelji. Ovu grupu čini ukupno šesnaest pokazatelja. Većina je već korišćena u literaturi (de Koster i Balk 2008; Kim 2010; Cruijssen i ostali, 2010). Broj zahteva korisnika predstavlja ulazni parametar koji utiče na ostale pokazatelje u DC. Pokazatelji pređenog rastojanja i prevezene količine robe važni su pokazatelji transportnog dela procesa distribucije. Troškovi održavanja vozila intenzivno se prate u DC Srbije i predstavljaju sumu fiksnih i varijabilnih troškova voznih parkova i izraženi su u hiljadama ili u milionima novčanih jedinica (n.j.). Broj komisionih transakcija u skladištu odnosi se na ukupan broj pojedinačnih stavki koje komisionari realizuju u procesu komisioniranja. Zahteve korisnika DC karakterišu sve manje količine i veća učestalost, tako da je broj komisionih transakcija DC poslednjih godina sve veći. Prekovremeni sati vozača i broj komisionih transakcija po komisionaru predstavljaju pokazatelje koji na osnovu poznatih izvora do sada nisu korišćeni u literaturi, a koje DC na teritoriji Srbije koriste. Broj realizovanih isporuka i promet predstavljaju opšte pokazatelje koji ne karakterišu samo funkcionisanje DC, već i drugih sistema. U grupi operativnih pokazatelja pojavljuju se i brojni izvedeni pokazatelji: paleta/vozaču, rastojanje/vozaču, komisione transakcije/komisionaru, itd.

Sledeću grupu čine energetske pokazatelji. U situaciji povećanih zahteva za energijom, kao i rasta cene energenata, značaj energetskih i ekoloških indikatora u logistici postaje sve veći. Troškovi potrošene energije predstavljaju značajan udeo u ukupnim troškovima DC. U DC Srbije pre svega se prati potrošnja goriva i električne energije. Osim toga prati se i potrošnja drugih energenata (gas, voda) čiji je udeo u ukupnim troškovima znatno manji. Faktori iskorišćenja dugo se koriste u



literaturi i u velikoj meri utiču na poslovanje kompanije, ukupne troškove i efikasnost kompanije (McKinnon, 1999). U skladištima se prati prostorna iskorišćenost, dok se u transportu prati, kako iskorišćenost tovarnog prostora vozila, tako i vremenska iskorišćenost vozila koja se koriste u procesu distribucije.

Posebnu i značajnu grupu čine kvalitativni pokazatelji. U analiziranim sistemima se najčešće prate greške u transportu i skladištu. Greške u DC mogu biti uzroci nezadovoljstva i žalbi korisnika. Greške u skladištu se odnose na greške u procesu komisioniranja i rukovanja robom (višak/manjak u isporuci, zamena proizvoda, oštećenje robe, itd), ali i na loše upravljanje zalihama. Sa druge strane, greške u transportnom sistemu prouzrokovane su kašnjenjem u isporuci, oštećenjem i gubitkom robe u samom procesu transporta.

### **5.1.2. Redukcija broja pokazatelja**

U drugoj fazi potrebno je sprovesti redukciju podataka. U procesu razvoja modela polazi se od DEA metode kao jedne od najčešće korišćenih metoda u literaturi. Ova metoda objedinjuje različite pokazatelje u jedinstvenu meru efikasnosti. Međutim, s obzirom na broj pokazatelja, primena standardnih DEA pristupa u ovom slučaju nije moguća. Osnovna ideja modela za merenje efikasnosti logističkih sistema prisutnih u literaturi bazira se na izboru pokazatelja koji će biti uključeni u model. Od izbora će zavisiti kako diskriminaciona moć modela, tako i pojedinačne efikasnosti. U samom procesu izbora koriste se različite metode višekriterijumskog odlučivanja, ali i ocena eksperata. Za razliku od pristupa prisutnih u literaturi, u ovoj disertaciji se pošlo od ideje o sažimanju (objedinjavanju) pokazatelja, s obzirom da se izborom pokazatelja gubi veliki deo dragocenih informacija. Dodatna razlika između pristupa u literaturi i pristupa opisanog u ovom poglavlju ogleda se u broju potencijalno raspoloživih pokazatelja. U konkretnom slučaju je potrebno izvršiti selekciju između više od trideset pokazatelja, dok u literaturi skup potencijalnih pokazatelja retko sadrži više od deset elemenata. Ideja o objedinjavanju velikog broja pokazatelja u manji broj novih uz minimalni gubitak informacija bazirana je na PCA pristupu. Jedan od načina je primena PCA-DEA pristupa (Adler i Golany, 2001, 2002, 2007; Liang i

ostali, 2009) kojom bi se u prvoj fazi izdvojile PC. U drugoj fazi bi se pomenute komponente koristile kao ulazi/izlazi u modelu merenja efikasnosti.

Izbor i sažimanje pokazatelja prati još jedan problem. Određivanje uticaja različitih pokazatelja na diskriminacionu moć modela predstavlja dodatni problem. Jasno je da uticaj pojedinih pokazatelja na rezultujuće efikasnosti nije isti. Potrebno je ispitati uticaje pokazatelja iz pojedinih grupa i u tom smislu definisati „poželjne“ pokazatelje. Osnovna razlika pristupa razvijenog u ovoj disertaciji i drugih pristupa u literaturi ogleda se u prevazilaženju klasičnog pristupa izbora pokazatelja. U cilju redukcije podataka primenjena je analiza glavnih komponenti.

Osnovni cilj PCA-DEA (*Principal Component Analysis – Data Envelopment Analysis*) pristupa baziran je na prevazilaženju određenih nedostataka DEA metode i povećanju diskriminacione moći modela. DEA metoda je tehnika matematičkog programiranja koja je detaljnije opisana u prethodnom poglavlju. U skupu homogenih jedinica DEA pronalazi najefikasnije DMU i u odnosu na njih definiše efikasnost ostalih jedinica. Ovom metodom se mogu dobiti i informacije o korektivnim akcijama neefikasnih jedinica. Dobijene efikasnosti su relativne jer se odnose samo na skup posmatranih jedinica i ne mogu se smatrati apsolutnim. Sa druge strane analiza glavnih komponenti je razvijena kao metoda redukcije podataka. PCA na osnovu varijanse izvornih podataka formira nekoliko novih glavnih komponenti (*Principal Components – PC*) koje predstavljaju linearnu kombinaciju izvornih podataka. Ukoliko se najveći deo varijanse može pripisati prvim komponentama, izvorni podaci se mogu u potpunosti zameniti njima uz minimalne gubitke informacija.

### **5.1.3. Razvoj PCA-DEA logističkih (PCA-DEA-LOG) modela za analizu efikasnosti distributivnih centara u prisustvu velikog broja različitih pokazatelja**

Modeli predloženi u ovom radu razvijeni su na način koji do sada u literaturi nije korišćen. U prvom koraku je primenjena PCA na svaku grupu ulaznih i izlaznih pokazatelja pojedinačno. Sprovedeno je šest nezavisnih procena i dobijene su komponente za svaku od analiziranih grupa. Na ovaj način je izvršeno smanjenje

broja potencijalnih pokazatelja uz minimalni gubitak informacija. Dobile komponente su korišćene kao ulazne/izlazne promenljive u predloženim modelima. Modeli su razvijeni na bazi standardnog BCC DEA modela (Banker i ostali, 1984). Prvi predloženi model CLASSICLOG ima sledeći oblik:

$$\min_{U_{PC}, V_{PC}} V_{PC} X_{PC}^a - v^a$$

Uz ograničenja:

$$V_{PC} X_{PC} - U_{PC} Y_{PC} - v^a \geq 0$$

$$U_{PC} Y_{PC}^a = 1$$

$$V_{PC_1^{equipm}} - V_{PC_2^{equipm}} \geq 0$$

$$V_{PC_3^{energy}} - V_{PC_4^{energy}} \geq 0$$

$$V_{PC_5^{operat}} - V_{PC_6^{operat}} \geq 0$$

$$V_{PC_6^{operat}} - V_{PC_7^{operat}} \geq 0$$

$$U_{PC_1^{utilisat}} - U_{PC_2^{utilisat}} \geq 0$$

$$U_{PC_3^{quality}} - U_{PC_4^{quality}} \geq 0$$

$$U_{PC_5^{operat}} - U_{PC_6^{operat}} \geq 0$$

$$V_{PC} \geq 0$$

$$U_{PC} \geq 0, v^a \text{ free} \tag{M 5.1}$$

U ovom modelu je pretpostavljena hijerarhija PC unutar svake grupe. Prva komponenta u prvoj grupi je važnija od druge komponente u prvoj grupi i tako redom. U prethodnom modelu  $V_{PC_1^{equipm}}$  i  $V_{PC_2^{equipm}}$  predstavljaju težinske faktore dodeljene PC iz grupe ulaznih pokazatelja resursa,  $V_{PC_3^{energy}}$  i  $V_{PC_4^{energy}}$  težinske koeficijente dodeljene pokazateljima iz grupe ulaznih energetskih pokazatelja,  $V_{PC_5^{operat}}$  i  $V_{PC_6^{operat}}$  težinske koeficijente dodeljene pokazateljima iz grupe ulaznih operativnih pokazatelja. Na sličan način su definisani težinski koeficijenti izlaznih pokazatelja.  $U_{PC_1^{utilisat}}$  i  $U_{PC_2^{utilisat}}$  su težinski koeficijenti izlaznih pokazatelja,  $U_{PC_3^{quality}}$  i  $U_{PC_4^{quality}}$  su težinski koeficijenti kvalitativnih pokazatelja dok su  $U_{PC_5^{operat}}$  i  $U_{PC_6^{operat}}$

koeficijenti komponenti izlaznih operativnih pokazatelja. U ovom modelu nije razmatran odnos između komponenti različitih grupa.

Za razliku od prethodnog modela naredna tri modela pojačavaju uticaj pokazatelja iz pojedinih grupa u cilju testiranja uticaja različitih pokazatelja na diskriminacionu moć modela. Pojačavanje uticaja pojedinih pokazatelja realizuje se uvođenjem dodatnih ograničenja koja određuju odnos između pojedinih komponenti. Pomenuti modeli postavljaju odnos između pokazatelja različitih grupa. Potrebno je napomenuti da su ograničenja postavljana u skladu sa informacijama dobijenim od menadžera i drugih zaposlenih u DC, kao i mišljenjem eksperata i autora. Menadžeri DC smatraju da operativni pokazatelji poput prometa, transportovanih paleta, pređenog rastojanja predstavljaju glavne pokazatelje funkcionisanja.

Svi modeli su izlazno orijentisani s obzirom na to da menadžment kompanija korektivne akcije usmerava više na izlazne nego ulazne promenljive. Predloženi model OPERLOG postavlja dodatna ograničenja u skladu sa mišljenjem menadžera kompanije. Operativnim pokazateljima se daje veći značaj od kvalitativnih pokazatelja i pokazatelja iskorišćenja. Dodatna ograničenja ovog modela su:

$$\min_{U_{PC}, V_{PC}} V_{PC} X_{PC}^a - v^a$$

Uz ograničenja:

$$V_{PC} X_{PC} - U_{PC} Y_{PC}^{-v^a} \geq 0$$

$$U_{PC} Y_{PC}^a = 1$$

$$V_{PC_1^{equipm}} - V_{PC_2^{equipm}} \geq 0$$

$$V_{PC_3^{energy}} - V_{PC_4^{energy}} \geq 0$$

$$V_{PC_5^{operat}} - V_{PC_6^{operat}} \geq 0$$

$$V_{PC_6^{operat}} - V_{PC_7^{operat}} \geq 0$$

$$U_{PC_1^{utilisat}} - U_{PC_2^{utilisat}} \geq 0$$

$$U_{PC_3^{quality}} - U_{PC_4^{quality}} \geq 0$$

$$U_{PC_5^{operat}} - U_{PC_6^{operat}} \geq 0$$

$$U_{PC_6^{operat}} - U_{PC_1^{utilisat}} \geq 0$$

$$U_{PC_6^{operat}} - U_{PC_3^{quality}} \geq 0$$

$$V_{PC} \geq 0$$

$$U_{PC} \geq 0, v^a \text{ free} \quad (M 5.2)$$

Značaj pokazatelja iskorišćenja, kao najbrojnijih i najčešće korišćenih pokazatelja, na funkcionisanje kompanije osnovni je motiv za razvoj UTILOG modela. Model daje dodatni značaj komponentama iz grupe pokazatelja iskorišćenja u odnosu na komponente iz grupe kvalitativnih i operativnih pokazatelja. U tom smislu su postavljena sledeća ograničenja:

$$\min_{U_{PC}, V_{PC}} V_{PC} X_{PC}^a - v^a$$

Uz ograničenja:

$$V_{PC} X_{PC} - U_{PC} Y_{PC} - v^a \geq 0$$

$$U_{PC} Y_{PC}^a = 1$$

$$V_{PC_1^{equipm}} - V_{PC_2^{equipm}} \geq 0$$

$$V_{PC_3^{energy}} - V_{PC_4^{energy}} \geq 0$$

$$V_{PC_5^{operat}} - V_{PC_6^{operat}} \geq 0$$

$$V_{PC_6^{operat}} - V_{PC_7^{operat}} \geq 0$$

$$U_{PC_1^{utilisat}} - U_{PC_2^{utilisat}} \geq 0$$

$$U_{PC_3^{quality}} - U_{PC_4^{quality}} \geq 0$$

$$U_{PC_5^{operat}} - U_{PC_6^{operat}} \geq 0$$

$$U_{PC_2^{utilisat}} - U_{PC_3^{quality}} \geq 0$$

$$U_{PC_2^{utilisat}} - U_{PC_5^{operat}} \geq 0$$

$$V_{PC} \geq 0$$

$$U_{PC} \geq 0, v^a \text{ free} \quad (M 5.3)$$

Na osnovu izloženih pretpostavki i uočenih relacija postavljen je QUALITYLOG model. Značaj kvalitativnih pokazatelja i kvaliteta usluga uopšte dobro je poznat u literaturi. Osnovni cilj svake kompanije je zadovoljstvo korisnika. Bez obzira na to koji kvalitativni indikator je u pitanju, njegov uticaj na

zadovoljstvo i satisfakciju korisnika je značajan. Zadovoljni i lojalni korisnici predstavljaju osnov za sticanje sigurnog prihoda kompanije. Sa druge strane, nezadovoljni korisnici i njihove žalbe stvaraju dodatne troškove. U ovom poglavlju veća pažnja je posvećena greškama u procesu distribucije, s obzirom na to da se u DC koji posluju u Srbiji ovi pokazatelji prate, ali im se ne pridaje dovoljno pažnje. QUALITYLOG model prioritet daje kvalitativnim pokazateljima, sledećim ograničenjima:

$$\min_{U_{PC}, V_{PC}} V_{PC} X_{PC}^a - v^a$$

Uz ograničenja:

$$V_{PC} X_{PC} - U_{PC} Y_{PC} - v^a \geq 0$$

$$U_{PC} Y_{PC}^a = 1$$

$$V_{PC_1^{equipm}} - V_{PC_2^{equipm}} \geq 0$$

$$V_{PC_3^{energy}} - V_{PC_4^{energy}} \geq 0$$

$$V_{PC_5^{operat}} - V_{PC_6^{operat}} \geq 0$$

$$V_{PC_6^{operat}} - V_{PC_7^{operat}} \geq 0$$

$$U_{PC_1^{utilisat}} - U_{PC_2^{utilisat}} \geq 0$$

$$U_{PC_3^{quality}} - U_{PC_4^{quality}} \geq 0$$

$$U_{PC_5^{operat}} - U_{PC_6^{operat}} \geq 0$$

$$U_{PC_4^{quality}} - U_{PC_1^{utilisat}} \geq 0$$

$$U_{PC_4^{quality}} - U_{PC_5^{operat}} \geq 0$$

$$V_{PC} \geq 0$$

$$U_{PC} \geq 0, v^a \text{ free}$$

(M 5.4)

Na ovaj način su predložena tri različita modela koji u zavisnosti od osobine okruženja i dostupnih podataka mogu pomoći menadžerima u procesu analize funkcionisanja DC. Univerzalnost primene predloženih modela ogleda su mogućnosti primene na različitim sistemima koje karakterišu brojni pokazatelji. U narednom delu je izvršeno testiranje modela na primeru distributivnih centara

trgovačke kompanije koja posluje na području Srbije u cilju ispitivanja njihove primenljivosti i diskriminacione moći.

#### **5.1.4. Testiranje modela na primeru distributivnih centara**

Modeli predloženi u prethodnom poglavlju u ovom delu rada su testirani na realnom primeru. Analizirana je efikasnost sedam distributivnih centara trgovačke kompanije koja posluje na području Srbije u periodu od dvanaest meseci 2011. godine (Prilog 1 i Prilog 2). Svaki DC u određenom mesecu predstavlja zasebnu jedinicu odlučivanja. Iz tog razloga posmatran je skup od 84 DMU (Cullinane i ostali, 2005).

##### ***Rezultati analize glavnih komponenti***

Prvu fazu merenja efikasnosti predstavlja PCA, primenjena na svih šest grupa ulaznih i izlaznih pokazatelja pojedinačno. Iz svake grupe je odabran određeni broj glavnih komponenti. Za graničnu vrednost uzet je minimalni nivo varijanse od 80%. To praktično znači da suma varijanse izabranih komponenti unutar svake grupe ne sme biti manja od 80%. Svi kvalitativni indikatori korišćeni u ovom slučaju predstavljaju neku vrstu nepoželjnih izlaza (greške), odnosno poželjne su manje vrednosti. Iz tog razloga njihove vrednosti su preorijentisane (Liang i ostali, 2009). Rezultati PCA u posmatranom primeru prikazani su u tabeli 5.2.

Iz grupe pokazatelja kapaciteta izdvojene su dve PC. U njima je sadržan najveći deo varijanse, preko 90%. Na osnovu koeficijenata korelacije lako se može uočiti da broj zaposlenih u transportu i broj viljuškara imaju najveći uticaj na prvu komponentu, dok na drugu komponentu najviše utiču skladišni pokazatelji broja paletnih mesta i površine skladišta.

**Tabela 5.2.** Rezultati analize glavnih komponenti indikatora efikasnosti DC (korelacija promjenljivih i PC)

<i>Ulazi</i>	Prosek	St. greška	PC 1	PC 2	PC 3
Broj vozila	22.38	8.11	0.901	-0.390	
Broj viljuškara	51.76	25.18	0.950	0.047	
Zaposleni u skladištu	71.35	31.84	0.859	-0.468	
Zaposleni u transportu	46.51	21.74	0.984	-0.070	
Površina skladišta (m <sup>2</sup> )	8173.62	3311.03	0.737	0.501	
Broj paletnih mesta	4484.86	1947.72	0.699	0.584	
<i>Ukupna varijansa</i>			<i>74.19%</i>	<i>90.34%</i>	
Potrošnja goriva (10 <sup>3</sup> n.j.)	2528.43	1673.49	0.849	-0.026	
Potrošnja električne energije (10 <sup>3</sup> n.j.)	481.89	281.53	0.945	0.061	
Ostali troškovi energije (voda, gas) (10 <sup>3</sup> n.j.)	125.36	249.10	0.689	-0.487	
Komunalni troškovi (10 <sup>3</sup> n.j.)	167.76	157.78	0.335	0.897	
<i>Ukupna varijansa</i>			<i>55.02%</i>	<i>81.17%</i>	
Broj zahteva (10 <sup>3</sup> )	8505.01	2896.76	0.833	-0.355	0.142
Prekovremeni sati u skladištu (h)	373.33	445.21	0.375	-0.660	-0.630
Prekovremeni sati vozača (h)	450.20	242.33	0.683	0.524	-0.282
Troškovi održavanja vozila (10 <sup>3</sup> n.j.)	649.08	431.42	0.747	-0.290	0.508
Prekovremeni sati vozača/vozaču (h/vozač)	13.82	8.49	0.627	0.641	-0.110
<i>Ukupna varijansa</i>			<i>45.05%</i>	<i>71.67%</i>	<i>87.02%</i>
<i>Izlazi</i>					
Vremenska iskorišćenost vozila (%)	34.38	7.32	0.919	-0.020	
Prostorna iskorišćenost vozila (%)	66.77	15.60	0.847	-0.389	
Prostorna iskorišćenost skladišta (%)	89.68	13.06	0.381	0.913	
<i>Ukupna varijansa</i>			<i>56.86%</i>	<i>89.71%</i>	
Greške u skladištu	48.51	46.80	0.836	-0.336	
Greške u transportu	174.74	250.89	0.829	-0.185	
Otpis robe sa isteklim rokom	45.85	68.91	0.601	0.794	
Ukupne greške	480.17	894.63	0.969	-0.045	
<i>Ukupna varijansa</i>			<i>67.16%</i>	<i>86.67%</i>	
Prevezene palete (broj)	9021.48	4534.55	0.992	-0.088	
Pređeno rastojanje (10 <sup>3</sup> km)	116.01	68.03	0.954	-0.188	
Broj isporuka	4270.15	1751.67	0.759	0.435	
Komisione transakcije (10 <sup>3</sup> )	188.29	98.94	-0.042	0.913	
Promet (10 <sup>6</sup> n.j.)	281.06	178.81	0.955	0.023	
Tura/vozaču	27.36	13.64	0.909	-0.084	
Isporuka/vozaču	112.52	28.06	0.764	0.314	
Tona/vozaču	96.94	60.43	0.982	-0.092	
Paleta/vozaču	214.80	107.97	0.992	-0.088	
Rastojanje/vozaču	2762.20	1619.86	0.954	-0.188	
Komisione transakcije/komisionaru	6737.95	999.54	0.166	0.888	
<i>Ukupna varijansa</i>			<i>69.83%</i>	<i>88.14%</i>	



Iz grupe energetske pokazatelja takođe su izdvojene dve komponente. U prvoj komponenti koja sadrži 55% odstupanja najznačajniji pokazatelji su potrošnja električne energije i goriva sa koeficijentima 0.945 i 0.849 redom, dok u drugoj komponenti najveći značaj imaju ostali energetske pokazatelji. Tri komponente u grupi operativnih ulaznih pokazatelja sadrže 87% ukupne varijanse. Najveći uticaj u pomenutoj grupi ima broj zahteva za isporukom, koji predstavlja zajednički pokazatelj skladišnog i transportnog podsistema.

Sa druge strane, iz tri grupe izlaznih pokazatelja izdvojeno je ukupno šest glavnih komponenti. Prva komponenta u grupi pokazatelja iskorišćenja odnosi se na pokazatelje iskorišćenja u transportu (vremenska i prostorna iskorišćenost vozila), dok u drugoj komponenti veći značaj ima pokazatelj iskorišćenja skladišnog prostora. Na osnovu toga može se zaključiti da u konkretnom slučaju pri merenju efikasnosti transportni pokazatelji iskorišćenja imaju veći značaj od skladišnih pokazatelja iskorišćenja. Kao što je ranije istaknuto u ovom radu je poseban značaj dat kvalitativnim pokazateljima. Kvalitativni pokazatelji u ovom slučaju se odnose na greške u transportu, greške u skladištu, otpis robe sa isteklim rokom i ukupne greške DC. Na osnovu rezultata analize glavnih komponenti zaključeno je da prvu komponentu u pomenutoj grupu čine greške u transportu i skladištu, dok najveći značaj u drugoj komponenti ima otpis robe sa isteklim rokom. Devet izlaznih operativnih pokazatelja primenom PCA transformisano je u dve glavne komponente sa varijansom od oko 88%. Ukupan broj prevezenih paleta, pređeno rastojanje i promet u jakoj su korelaciji sa prvom komponentom, dok su skladišni pokazatelji (broj komisionih transakcija i broj komisionih transakcija/komisionaru) dominantni u drugoj komponenti. Izdvojene komponente iz pojedinih grupa korišćene su kao ulazne/izlazne veličine u predloženim modelima.

### **Rezultujuće efikasnosti**

Standardni BCC DEA model ne može se primeniti u konkretnom slučaju (tabela 5.3). Standardni modeli nemaju dovoljno veliku diskriminacionu moć. U narednoj tabeli prikazani su i rezultati ostalih modela predloženih u ovom radu<sup>14</sup>.

**Tabela 5.3.** Rezultujuće efikasnosti primenom različitih modela za merenje efikasnosti distributivnih sistema

	Prosek	St.greška	Efikasno	Neefikasno
Standardni BCC DEA model	0.9999	0.0001	83 (99%)	1 (1%)
CLASICLOG	0.9466	0.0692	40 (47%)	44 (53%)
OPERLOG	0.9001	0.1030	28 (33%)	56 (67%)
UTILOG	0.9389	0.0751	35 (42%)	49 (58%)
QUALITYLOG	0.8273	0.1244	18 (21%)	66 (79%)

Na osnovu prikazanih rezultata moguće je načiniti sledeće zaključke. Standardni BCC DEA pristup gotovo da ne pravi diskriminaciju u skupu posmatranih DC. Prema ovom pristupu 99% posmatranih centara je efikasno. CLASICLOG model daje znatno bolje rezultate od standardnog BCC DEA modela. Oko 47% posmatranih jedinica je efikasno prema ovom modelu. Međutim, ovaj model ne uzima u obzir odnos i značaj različitih grupa indikatora. Ideja o jednakom značaju svih pokazatelja pokazala se kao nedovoljno dobro rešenje u posmatranom slučaju. OPERLOG model koji favorizuje operativne pokazatelje ima znatno veću diskriminacionu moć (33% efikasnih jedinica) u odnosu na CLASICLOG model. Favorizovanje faktora iskorišćenja u UTILOG modelu ima nešto manju diskriminacionu moć u odnosu na prethodni model (42% posmatranih centara efikasno). Poređenjem rezultata OPERLOG i UTILOG modela pokazalo se da operativni pokazatelji kao što su broj prevezenih paleta, pređeno rastojanje, promet i broj komisionih transakcija imaju veći značaj za procenu efikasnosti DC od pokazatelja iskorišćenja transportnih sredstava i objekata.

QUALITLOG model ima najveću diskriminacionu moć. Samo 21% centara je efikasno. Pretpostavka autora o značaju kvalitativnih indikatora za merenje efikasnosti pokazala se kao dobra. U poređenju sa prethodno opisanim modelima ovaj model ima maksimalnu diskriminacionu moć uz minimalan gubitak

<sup>14</sup> Pojedinačne efikasnosti prikazane su u Prilogu 3.

informacija. Posmatrano sa aspekta pojedinačnih pokazatelja pokazalo se da greške u transportu i greške u upravljanju zalihama predstavljaju najznačajnije pokazatelje za procenu efikasnosti DC. U skladu sa dobijenim rezultatima mogu se izvesti sledeći opšti zaključci:

- kvalitativni pokazatelji su relevantniji za merenje efikasnosti od operativnih pokazatelja i faktora iskorišćenja;
- faktori iskorišćenja su manje relevantni za merenje efikasnosti od operativnih pokazatelja;
- standardni DEA pristup ne može se primeniti u situaciji velikog broja pokazatelja i relativno malog broja DMU;
- PCA-DEA pristup ima znatno veću diskriminacionu moć od standardnog DEA pristupa.

Na osnovu svega iznetog u ovom poglavlju izvedeni su opšti zaključci. U realnim sistemima prati se više od trideset indikatora, koji se prema vrsti mogu podeliti u šest grupa. Primena standardnih DEA modela za merenje efikasnosti često nije moguća. Ideja o objedinjavanju pokazatelja primenom PCA pristupa pokazala se boljom od klasičnog izbora. Uključivanje mišljenja menadžera i eksperata u modele ima pozitivan uticaj na rezultujuće efikasnosti. Uspostavljanje odnosa između pokazatelja iz različitih grupa ima veliki uticaj na konačne rezultate. Testirani su modeli koji favorizuju operativne, kvalitativne i faktore iskorišćenja. Najveću diskriminacionu moć ima QUALITLOG model koji posebnu važnost daje pokazateljima grešaka u DC. Kvalitet usluga utiče na zadovoljstvo korisnika, ali i prihode kompanije. Međutim, menadžeri u DC najveću pažnju posvećuju operativnim pokazateljima. U tom smislu ovaj model menadžerima kompanija pruža novu sliku o efikasnosti DC. Predloženi model uz manje modifikacije, može poslužiti za merenje i unapređenje efikasnosti logističkih provajdera, snabdevača i drugih učesnika u lancima snabdevanja. U posmatranim logističkim sistemima još uvek se ne prate pokazatelji emisije štetnih gasova, pokazatelji uticaja na okruženje, kao i drugi pokazatelji kvaliteta realizovanih usluga. U modelima koje treba dalje razvijati neophodno je uključiti pomenute pokazatelje.

## **5.2. MERENJE EFIKASNOSTI LOGISTIČKIH PROCESA U DISTRIBUTIVNIM CENTRIMA**

Za uspešnu procenu efikasnosti DC pre svega je neophodno izvršiti dekompoziciju i mapiranje logističkih sistema, podsistema, procesa i definisati aktivnosti, a potom izvršiti njihovu kvantifikaciju (Johnson 2006). Zajedničko za sve modele dekompozicije efikasnosti je činjenica da je efikasnost celokupnog sistema određena efikasnostima pojedinačnih komponenti. U literaturi se ukupna efikasnost najčešće definiše kao aritmetička sredina (Liang i ostali, 2006) ili kao proizvod efikasnosti komponenti<sup>15</sup> (Kao i Hwang 2008). Pravilno definisanje redosleda realizacije svih aktivnosti i procesa pruža mogućnost menadžerima da stvore jasnu sliku o funkcionisanju sistema i uvide eventualne propuste i nedostatke. Svaka aktivnost koristi određene resurse za ostvarivanje određenih izlaza. Nivo efikasnosti logističkih aktivnosti zavisi od obima upotrebljenih resursa i ostvarenih ciljeva. Međusobna uslovljenost i povezanost pojedinih procesa i aktivnosti, korišćenje zajedničkih resursa, kao i konflikt ciljeva, otežava proces merenja i dekompozicije efikasnosti logističkih procesa distribucije proizvoda. U ovom poglavlju razvijen je model za merenje efikasnosti transportnog i skladišnog procesa, kao najvažnijim procesima u distributivnim centrima.

### **5.2.1. Model dekompozicije efikasnosti distributivnih centara – DECLOG model**

Jedan od osnovnih problema merenja i dekompozicije efikasnosti predstavljaju višestruki ciljevi logističkih sistema. U ovom delu je predložen model dekompozicije efikasnosti distributivnih centara<sup>16</sup>. Model je baziran na višeciljnoj analizi obavljanja podataka (*Multiple Objective Data Envelopment Analysis – MODEA*). Osnova ovog pristupa počiva na postavkama i principima DEA pristupa.

---

<sup>15</sup> U terminologiji dekompozicije efikasnosti za označavanje efikasnosti nižih nivoa koriste se termini podsistem, proces, komponenta, faza, etapa, itd.

<sup>16</sup> Model razvijen u ovom delu istraživanja objavljen je u radu Kilibarda i ostali 2011.

Osnovni CCR model predstavlja bazu većine modela za merenje efikasnosti. Istovremeno merenje efikasnosti sa višestrukim ciljevima nije pogodno rešavati standardnim DEA modelima. Standardni DEA modeli nisu dovoljno „osetljivi“ prilikom procene efikasnosti DMU, s obzirom da ne razmatraju različite ciljeve podsistema. MODEA pristup pruža mogućnost prevazilaženja pomenutog problema (Klimberg i Puddicombe, 1999; Klimberg i ostali, 2010). Ovim pristupom se mogu dobiti i informacije o korektivnim akcijama neefikasnih jedinica. Dobijene efikasnosti su relativne jer se odnose samo na skup posmatranih jedinica i ne mogu se smatrati apsolutnim.

MODEA ne predstavlja  $z$  ( $z$  je broj ciljeva) nezavisnih standardnih DEA modela. U većini slučajeva doprinos promenljive<sup>17</sup> u jednom cilju zavisi od doprinosa iste promenljive u drugom cilju. U idealnom slučaju odnos (količnik) zajedničkih promenljivih trebalo bi da bude približno 1. Dodatnim ograničavanjem uticaja zajedničkih promenljivih u različitim ciljevima od strane donosilaca odluke dobijaju se modeli koji u većoj meri pristaju realnom stanju i dobroj operativnoj praksi. Ispitivanjem uticaja težina promenljivih u postavljenim ciljevima donosioci odluke mogu napraviti odgovarajući kompromis.

Na osnovu prethodno definisanih pristupa, kao i realnog stanja u DC trgovinskih kompanija u ovoj disertaciji je predložen model dekompozicije distributivnih centara sa dva osnovna podsistema: skladišnim i transportnim. Standardnim modelima se ne može istovremeno meriti efikasnost DC i njegovog transportnog odnosno skladišnog podsistema, s obzirom da ova dva podsistema poseduju zajedničke ulazne i izlazne veličine. Predloženim modelom je moguće analizirati efikasnost  $N$  DC (DMU) ( $k = 1, 2, \dots, N$ ) pri čemu svaki od njih poseduje  $p$  podsistema ( $p=1,2$ ). Skladišni i transportni podsistem karakteriše  $i$  ulaznih veličina ( $i=1,2,\dots,m_p$ ) i  $r$  izlaznih veličina ( $r=1,2,\dots,s_p$ ). U konkretnom slučaju,  $i$  transportni, i skladišni podsistem imaju po dve ulazne i izlazne veličine ( $m_1= m_2= s_1= s_2=2$ ). Vrednost  $r$ -tog izlaza  $p$ -tog podsistema  $k$ -tog DC označena je sa  $y_{rkp}$ , dok  $x_{ikp}$  označava vrednost  $i$ -tog ulaza  $p$ -tog podsistema  $k$ -tog DC. Težinski koeficijent

---

<sup>17</sup> U kontekstu MODEA pristupa ove promenljive se nazivaju zajedničke promenljive i pod njima se podrazumevaju one veličine koje se istovremeno pojavljuju u više funkcija ciljeva.

dodeljen  $r$ -tom izlazu  $p$ -tog podsistema  $u_{rp}$  i težinski koeficijent dodeljen  $i$ -tom ulazu  $p$ -tog podsistema  $v_{ip}$  predstavljaju nepoznate promenljive (promenljive odlučivanja). Parametar  $\varphi$  predstavlja parametar bliskosti zajedničkih resursa, koji dodeljuje donosilac odluke. U konkretnom slučaju MODEA model za merenje efikasnosti  $k$ -tog DC, nazvan DECLOG model ima sledeći oblik:

$$\text{Max} \sum_{p=1}^2 w_{kp} = w_{k1} + w_{k2} = \sum_{r=1}^{s_1} u_{r1} y_{rk1} + \sum_{r=1}^{s_2} u_{r2} y_{rk2}$$

*Uz ograničenja:*

$$\sum_{i=1}^{m_p} v_{ip} x_{ikp} = 1, p = 1, 2$$

$$\sum_{r=1}^{s_p} u_{rp} y_{rkp} - \sum_{i=1}^{m_p} v_{ip} x_{ikp} \leq 0, \forall p = 1, 2; \forall k = 1, 2, \dots, N$$

$$\frac{\frac{u_{r1}}{s_1}}{\frac{u_{r2}}{s_2}} \leq 1 + \varphi$$

$$\frac{\frac{u_{r1}}{s_1}}{\frac{u_{r2}}{s_2}} \geq 1 - \varphi$$

$$\frac{\frac{v_{i1}}{m_1}}{\frac{v_{i2}}{m_2}} \leq 1 + \varphi$$

$$\frac{\frac{v_{i1}}{m_1}}{\frac{v_{i2}}{m_2}} \geq 1 - \varphi$$

$$v_{ip} \geq 0, p = 1, 2; i = 1, 2$$

$$u_{rp} \geq 0, p = 1, 2; r = 1, 2$$

(M 5.5)

Funkcija cilja i prva dva ograničenja u modelu M 5.5 u velikoj meri odgovaraju funkciji cilja i ograničenjima u CCR DEA modelu. Na prvi pogled se čini da je MODEA zapravo objedinjavanje  $p$  standardnih DEA modela. Međutim, suštinska razlika ova dva modela ogleda se u dodatnim ograničenjima modela M 5.5. Ova ograničenja zahtevaju da vrednosti zajedničkih promenljivih budu u

opsegu  $\varphi$  % jedna u odnosu na drugu. Manje vrednosti  $\varphi$  označavaju veću „bliskost“ težina dodeljenih zajedničkim ulazima/izlazima i obrnuto. U cilju lakšeg određivanja uticaja pojedinih promenljivih preporučuje se normalizacija vrednosti svih ulaza i izlaza.

Predloženi model dekomponuje efikasnost DC na efikasnost osnovnih komponenti (transportnih i skladišnih), sa tačno određenim vrednostima efikasnosti. U cilju prevazilaženja nedostataka većine pristupa u literaturi, predloženi model je testiran na realnom primeru. U narednom poglavlju na numeričkom primeru su detaljnije razmotreni različiti pristupi procene efikasnosti DC, kao i njegovih transportnih i skladišnih podsistema. Dobijeni rezultati su upoređeni, a nakon toga su načinjene ocene sistema i date preporuke za njegovo dalje unapređenje.

### **5.2.2. Primena DECLOG modela na primeru distributivnih centara trgovačkih kompanija**

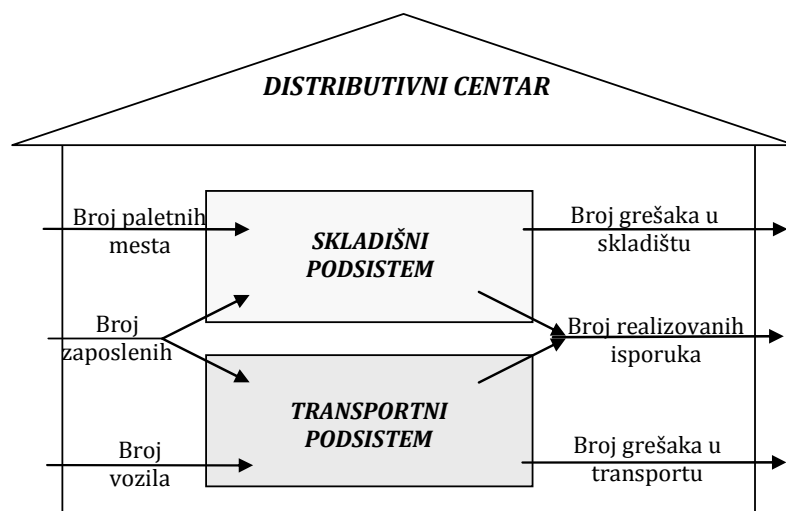
U ovom delu je razvijeni model testiran na primeru 20 DC trgovačkih kompanija koje posluju na području Srbije sa sličnom prodajnom mrežom, asortimanom proizvoda i sistemom distribucije.

#### ***Opis analiziranog sistema***

U procesu primene DEA i MODEA pristupa jedan od najvažnijih koraka predstavlja izbor ulaznih i izlaznih promenljivih (Boussofiane i ostali, 1991). Za procenu efikasnosti DC, i skladišnog, i transportnog podsistema korišćene su promenljive koje na najbolji način opisuju njihovo funkcionisanje. Broj zaposlenih, broj paletnih mesta i broj vozila za distribuciju kojima DC raspolaže predstavljaju osnovne ulazne veličine, dok broj realizovanih isporuka, broj grešaka u skladišnom podsystemu i broj grešaka u transportnom podsystemu predstavljaju izlazne veličine korišćene u ovom postupku. Broj zaposlenih u DC predstavlja zajedničku ulaznu, dok broj realizovanih isporuka predstavlja zajedničku izlaznu promenljivu transportnog i skladišnog podsistema. Pretpostavljeno je da DC realizuju isporuke približno istog reda veličine. Kao druga ulazna veličina za procenu efikasnosti

skladišnog podsistema korišćen je broj paletnih mesta u DC. Sa druge strane, broj vozila kojim DC raspolaže predstavlja ulaznu promenljivu transportnog podsistema.

Pomenute promenljive prvenstveno se odnose na procenu operativne efikasnosti. U cilju dobijanja kvalitetnijih i pouzdanijih rezultata kao dodatne izlazne veličine korišćeni su pokazatelji kvaliteta. DC trgovačkih kompanija, ali i DC uopšte karakteriše veliki broj pokazatelja kvaliteta pruženih usluga. Greške u transportnom i skladišnom podsistemu predstavljaju kvalitativne pokazatelje koji mogu biti uzrok nezadovoljstva i žalbi korisnika, odnosno niskog nivoa kvaliteta usluga. Greške u skladišnom podsistemu najčešće se odnose na greške u procesu komisioniranja (manjak/višak u isporuci, zamena artikala, oštećenje), ali i na druge procese poput lošeg upravljanja zalihama (kratak rok upotrebe). Greške u transportnom podsistemu prvenstveno se odnose na kašnjenje u isporuci, kao i na oštećenje i gubitak robe u procesu transporta. Kao što se može videti na slici 5.2 za procenu efikasnosti DC korišćeno je šest promenljivih (tri ulazne i tri izlazne promenljive), dok su za procenu efikasnosti njegovih podsistema korišćene po četiri promenljive (dve ulazne i dve izlazne).



*Slika 5.2. Distributivni centri i osnovni podsistemi*

Vrednosti ulaznih i izlaznih promenljivih date su u tabeli 5.4. U tabeli je takođe data i deskriptivna statistika promenljivih korišćenih u ovom radu. U cilju dobijanja kvalitetnijih i pouzdanijih rezultata po preporuci Klimberg i ostali (2010)



izvršena je normalizacija svih promenljivih. Broj grešaka u transportnom i skladišnom podsistemu predstavlja izlazne promenljive negativne orijentacije tj. manje vrednosti su poželjnije. S obzirom da DEA metoda sve izlazne promenljive posmatra kao da su pozitivno orijentisane (veće vrednosti su poželjnije/manje vrednosti su manje poželjne), izvršena je promena orijentacije pomenutih promenljivih. Pre definisanja modela za procenu efikasnosti DC i njegovih podsistema, neophodno je napomenuti da model predložen u ovom radu ne razmatra spoljne faktore koji mogu uticati na njihovu efikasnost, a nisu u nadležnosti menadžmenta kompanije. Pomenuti faktori mogu biti: vremenski uslovi, tržišna situacija, grana industrije, ponašanje konkurencije, itd.

**Tabela 5.4.** Osnovni pokazatelji rada skladišnih i transportnih podsistema distributivnih centara

<i>DMU</i>	<i>Br. zaposlenih</i>	<i>Br.pal. mesta</i>	<i>Br. vozila</i>	<i>Br. realizovanih isporuka</i>	<i>Br. grešaka u skladištu</i>	<i>Br.grešaka u transportu</i>
DMU 1	180	684	45	5276	135	496
DMU 2	35	4842	44	14262	43	155
DMU 3	45	5082	14	14066	135	496
DMU 4	99	4059	22	8018	528	563
DMU 5	94	5288	17	5334	327	655
DMU 6	59	1566	23	3352	266	283
DMU 7	66	4597	41	17818	129	138
DMU 8	49	3373	34	5636	266	283
DMU 9	35	5541	13	6434	282	563
DMU 10	49	6101	17	7078	161	321
DMU 11	104	1698	25	16362	668	713
DMU 12	183	3933	32	18012	18	67
DMU 13	137	6793	28	2414	158	169
DMU 14	176	3389	22	3442	668	713
DMU 15	153	1234	25	7538	84	92
DMU 16	66	1462	41	9492	69	138
DMU 17	34	2272	21	12496	266	283
DMU 18	153	6779	34	3084	107	392
DMU 19	186	5097	20	17470	285	713
DMU 20	63	5035	42	4214	245	264
<i>Aritm.sredina</i>	<i>98.30</i>	<i>3941.25</i>	<i>28.00</i>	<i>9089.90</i>	<i>241.83</i>	<i>374.55</i>
<i>Standardna greška</i>	<i>56.12</i>	<i>1898.55</i>	<i>10.41</i>	<i>5461.08</i>	<i>187.68</i>	<i>222.38</i>
<i>Max</i>	<i>186.00</i>	<i>6793.00</i>	<i>45.00</i>	<i>18012.00</i>	<i>668.00</i>	<i>713.00</i>
<i>Min</i>	<i>34.00</i>	<i>684.00</i>	<i>13.00</i>	<i>2414.00</i>	<i>18.00</i>	<i>66.50</i>

U konkretnom slučaju DC (sa skladišnim i transportnim podsistemom) predstavlja DMU, čija se efikasnost procenjuje. Procenjena je efikasnost 20 DC i njegovih transportnih i skladišnih podsistema primenom standardnih DEA modela i DECLOG modela. Prema standardnom pristupu distributivni centar, odnosno

podsystem predstavlja „crnu kutiju“ tj. ne razmatraju se procesi i aktivnosti koji se realizuju u okviru podsystema. Iz grupe DEA modela odabran je osnovni CCR model. Primenom CCR modela izvršena je nezavisna procena efikasnosti DC, skladišnog i transportnog podsystema.

### **Rezultati merenja efikasnosti 20 distributivnih centara**

Skup posmatranih DC može se smatrati homogenim s obzirom da DC posluju na isti način i pod istim uslovima. Vrednosti efikasnosti DC primenom različitih pristupa prikazane su u tabeli 5.5.

**Tabela 5.5.** Efikasnost distributivnih centara primenom DECLOG modela

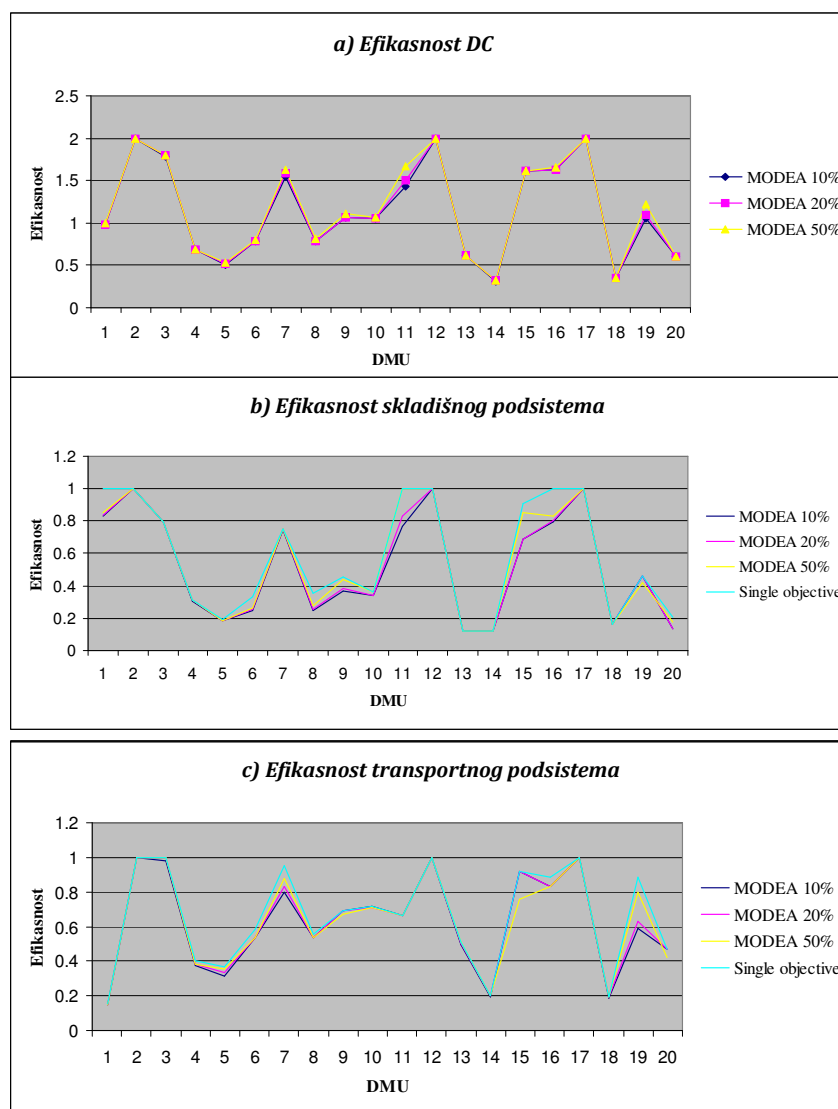
<i>DMU</i>	<i>DECLOG</i>			<i>CCR</i>
	<i>10%</i>	<i>20%</i>	<i>50%</i>	
DMU 1	0.9783	0.9837	0.9997	1.0000
DMU 2	2.0000	2.0000	2.0000	1.0000
DMU 3	1.7778	1.7969	1.7969	1.0000
DMU 4	0.6835	0.6911	0.6951	0.4783
DMU 5	0.5022	0.5177	0.5379	0.3704
DMU 6	0.7862	0.7923	0.8051	0.6182
DMU 7	1.5490	1.5832	1.6336	0.9496
DMU 8	0.7859	0.7931	0.8149	0.5650
DMU 9	1.0605	1.0718	1.1087	0.6912
DMU 10	1.0524	1.0577	1.0736	0.7153
DMU 11	1.4337	1.4961	1.6667	1.0000
DMU 12	2.0000	2.0000	2.0000	1.0000
DMU 13	0.6147	0.6216	0.6240	0.5063
DMU 14	0.3101	0.3175	0.3180	0.2289
DMU 15	1.6086	1.6086	1.6097	1.0000
DMU 16	1.6267	1.6349	1.6594	1.0000
DMU 17	2.0000	2.0000	2.0000	1.0000
DMU 18	0.3523	0.3554	0.3554	0.1921
DMU 19	1.0539	1.0948	1.2194	1.0000
DMU 20	0.5993	0.5993	0.6045	0.4670
<i>Prosečna efikasnost</i>	<i>1.1388</i>	<i>1.1508</i>	<i>1.1761</i>	<i>0.7391</i>
<i>Broj efikasnih DMU</i>	<i>3 (15%)</i>	<i>3 (15%)</i>	<i>3(15%)</i>	<i>9 (45%)</i>
<i>Broj neefikasnih DMU</i>	<i>17 (85%)</i>	<i>17 (85%)</i>	<i>17(85%)</i>	<i>11 (55%)</i>

Prva tri modela odnose se na DECLOG pristup pri čemu parametar  $\varphi$  (parametar bliskosti) uzima vrednosti 10%, 20% i 50%. Poređenjem broja efikasnosti DC dobijenih primenom DECLOG i CCR DEA pristupa ukazuje na znatno veći broj efikasnih DC primenom drugog pristupa. Ovo se može objasniti činjenicom da CCR model objedinjuje sve pokazatelje u jedinstvenu meru

efikasnosti bez razdvajanja i posmatranja efikasnosti njegovih podsistema, odnosno da „precenjuje“ efikasnost DC.

Primenom DECLOG modela dobija se svega 15% efikasnih DC, dok se CCR pristupom dobija čak 45% efikasnih DC (tabela 5.5). Ovakvi rezultati se mogu objasniti činjenicom da CCR model ne razmatra efikasnost podsistema u DC. Sa druge strane prema DECLOG modelu, DC je efikasan ako su, i transportni, i skladišni podsistem efikasni. Prosečna efikasnost DC primenom DECLOG modela iznosi 1.1388 (tabela 5.5) pri čemu je prosečna efikasnost skladišnog podsistema 0.5158, a transportnog 0.6229. Posmatrani skup DC se može smatrati relativno neefikasnim pri čemu je veći deo neefikasnosti posledica neefikasnosti skladišnog podsistema.

Efikasnost jednog od podsistema DC (skladišnog ili transportnog) ne znači efikasnost DC. Na osnovu slike 5.3. i tabele 5.6. može se zaključiti da su efikasnosti skladišnog podsistema manje od efikasnosti transportnog podsistema, nezavisno od vrednosti parametra  $\varphi$ . Analizom dobijenih vrednosti uočeno je da postoji određen broj DC čiji podsistemi ne menjaju efikasnost bez obzira na pristup. DMU 2, DMU 12 i DMU 17 predstavljaju DC stabilnih performansi koji su efikasni i prema DECLOG modelu i prema CCR DEA pristupu. Stabilna efikasnost ovih centara može se objasniti relativno malom količinom upotrebljenih resursa za realizovanje velikog broja isporuka, preko 12 000, znatno više iznad proseka, pri čemu je broj grešaka u transportnom i skladišnom podsistemu DMU 2 i DMU 12 bio znatno ispod srednjih vrednosti.



**Slika 5.3.** Efikasnosti distributivnih centara i njegovih podsistema

Na osnovu dobijenih rezultata mogu se izdvojiti tri karakteristične grupe DC. Prvu grupu čine prethodno pomenute efikasne jedinice. U ovu grupu spadaju DMU 2, DMU 12 i DMU 17 čiji su i transportni i skladišni podsistem efikasni. Drugu grupu čine jedinice čiji je skladišni podsistem značajno efikasniji od transportnog podsistema. Takve jedinice su DMU 1 i DMU 11. Nasuprot njima DMU 3, DMU 6, DMU 8, DMU 9, DMU 10 i DMU 13 imaju znatno efikasnije transportne podsisteme. Poslednje dve grupe DC, osim neefikasnosti, bar po jednog podsistema, karakteriše i celokupna neefikasnost DC. Ovo potvrđuje tvrdnju da DC ne može biti efikasan ukoliko je jedan od njegovih podsistema neefikasan.

**Tabela 5.6.** Efikasnost skladišnog i transportnog podsistema

	<i>Skladišni podsistem</i>				<i>Transportni podsistem</i>			
	<i>DECLOG 10 %</i>	<i>DECLOG 20%</i>	<i>DECLOG 50%</i>	<i>CCR</i>	<i>DECLOG 10 %</i>	<i>DECLOG 20%</i>	<i>DECLOG 50%</i>	<i>CCR</i>
DMU 1	0.8299	0.8353	0.8513	1.0000	0.1484	0.1484	0.1484	0.1573
DMU 2	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
DMU 3	0.7969	0.7969	0.7969	0.7969	0.9809	1.0000	1.0000	1.0000
DMU 4	0.3048	0.3122	0.3122	0.3122	0.3788	0.3789	0.3829	0.3991
DMU 5	0.1853	0.1853	0.1853	0.1902	0.3169	0.3324	0.3526	0.3704
DMU 6	0.2466	0.2527	0.2655	0.3358	0.5396	0.5396	0.5396	0.5851
DMU 7	0.7487	0.7524	0.7535	0.7535	0.8003	0.8308	0.8802	0.9496
DMU 8	0.2500	0.2573	0.2790	0.3516	0.5358	0.5358	0.5358	0.5549
DMU 9	0.3693	0.3806	0.4383	0.4514	0.6912	0.6912	0.6704	0.6912
DMU 10	0.3381	0.3438	0.3603	0.3603	0.7143	0.7139	0.7133	0.7153
DMU 11	0.7670	0.8293	1.0000	1.0000	0.6667	0.6667	0.6667	0.6667
DMU 12	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
DMU 13	0.1177	0.1177	0.1177	0.1177	0.4970	0.5039	0.5063	0.5063
DMU 14	0.1179	0.1179	0.1179	0.1225	0.1921	0.1996	0.2001	0.2023
DMU 15	0.6886	0.6886	0.8502	0.9060	0.9201	0.9201	0.7595	0.9201
DMU 16	0.7976	0.8058	0.8304	1.0000	0.8291	0.8291	0.8291	0.8846
DMU 17	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
DMU 18	0.1632	0.1632	0.1632	0.1632	0.1890	0.1921	0.1921	0.1921
DMU 19	0.4629	0.4650	0.4201	0.4650	0.5910	0.6298	0.7994	0.8844
DMU 20	0.1323	0.1323	0.1800	0.2029	0.4670	0.4670	0.4245	0.4670
<i>Prosečna efikasnost</i>	0.5158	0.5218	0.5461	0.5765	0.6229	0.6290	0.6301	0.6573
<i>Broj efikasnih DMU</i>	3 (15%)	3 (15%)	4 (20%)	4 (20%)	3 (15%)	4 (20%)	4 (20%)	4 (20%)
<i>Broj neefikasnih DMU</i>	17 (85%)	17 (85%)	16 (80%)	16 (80%)	17 (85%)	16 (80%)	16 (80%)	16 (80%)

Težinski koeficijenti broja zaposlenih u DC, kao zajedničke ulazne veličine, i broja realizovanih isporuka, kao zajedničke izlazne veličine, zavise od vrednosti parametra  $\varphi$ , dodeljene od strane donosioca odluke. Na osnovu vrednosti iz tabela 5.5 i 5.6, kao i njihove grafičke interpretacije slike 5.3, uočava se da se vrednosti efikasnosti DC i njegovih podsistema menjaju sa povećanjem vrednosti pomenutog parametra. Manje vrednosti označavaju veću „bliskost“ i manje variranje težinskih koeficijenata dodeljenih zajedničkim promenljivim. Smanjenjem oblasti dopustivih rešenja smanjuju se i vrednosti funkcije cilja tj. efikasnosti. Nasuprot tome, veće vrednosti  $\varphi$  znače veću oblast dopustivih rešenja, a samim tim i veće vrednosti efikasnosti.

Vrednosti prosečnih efikasnosti DC za različite vrednosti parametra  $\varphi$  (10%, 20% i 50%) iznose redom 1.1388, 1.1508 i 1.1761. Promena vrednosti parametra  $\varphi$  uticala je vrlo malo ili uopšte nije uticala na efikasnost pojedinih DC (DMU 1 i DMU 3), dok je kod nekih značajno promenila efikasnost (DMU 11). DMU 11 za

$\varphi=0.1$  ima efikasnost od 1.4337, dok se za  $\varphi=0.5$  efikasnost povećava na 1.6667. Promena vrednosti posmatranog parametra, odnosno efikasnosti posmatranog DC odrazila se isključivo na efikasnost skladišnog podsistema koji je od neefikasnog (0.7670) postao efikasan (1.000) podsistem. Sa druge strane transportni podsistem DMU 11 ne beleži promene efikasnosti.

## **5.3. UNAPREĐENJE EFIKASNOSTI DISTRIBUTIVNIH CENTARA**

Na osnovu istraživanja mogućih unapređenja u konkretnim logističkim sistemima kao i na osnovu rezultata prethodno opisanih modela u ovom poglavlju su definisane korektivne akcije. Način definisanja korektivnih akcija zavisi od više faktora. U distributivnim sistemima moguće je definisati više vrsta korektivnih akcija. Sve korektivne akcije mogu se svrstati u nekoliko kategorija, kao što su: organizacione promene, promene u resursima i smanjenje potrošnje energije. U cilju boljeg razumevanja korektivne akcije su detaljnije objašnjene na primeru distributivnih centara, koji su opisani u ovom poglavlju. Detaljnije su razmatrane DMU 26, DMU 39, DMU 54, DMU 62, DMU 84. S obzirom na orijentaciju modela i činjenicu da se u realnim sistemima izlazni pokazatelji često tretiraju kao zadate veličine, u ovom delu je pretpostavljeno da distributivni centri mogu unaprediti efikasnost odgovarajućim korektivnim akcijama u ulaznim veličinama.

### **5.3.1. Organizacione promene**

**Poboljšanje kontrole** – Problem loše kontrole u manjoj ili većoj meri prisutan je u gotovo svim logističkim sistemima koji su predmet analize u ovoj disertaciji. Nedovoljno dobra organizacija rada i raspored obaveza sa jedne strane, kao i nedostatak opreme za kontrolu sa druge strane, često utiču na definisanje pomenutog problema. Problem loše kontrole se može prevazići pre svega preciznim definisanjem odgovornosti i ovlašćenja menadžera i rukovodilaca, kao i procedura u vezi sa kretanjem robe i radnika. Kontrola obima i kvaliteta rada

zaposlenih praćenjem dnevnih, nedeljnih i mesečnih izveštaja, takođe predstavlja meru kojom se može unaprediti realizacija procesa. Nizom bezbednosnih mera, kao što su, uvođenje opreme za video nadzor, pretres radnika pri ulasku i izlasku iz distributivnog centra, kao i dodatna zaštita proizvoda sigurnosnim pakovanjima, može se prevazići pomenuti problem.

***Poboljšanje organizacije i raspoređivanja radnika*** – Loša organizacija radne snage utiče na smanjenje efikasnosti procesa distribucije. U okviru DC brojne aktivnosti se realizuju paralelno, pri čemu raspored radnika može u velikoj meri uticati na celokupnu efikasnost centra. Dimenzionisanje sredstava i opreme jedan je od glavnih problema, pa se neretko dešava da broj potrebnih radnika za realizaciju određenih aktivnosti bude neadekvatan. Kontrola radnika lociranih u različitim sektorima nije jednostavna, s obzirom na činjenicu da po obavljenom poslu u jednom sektoru radnici prelaze u drugi sektor. Definisane norme radnika u ovom slučaju je veoma kompleksan zadatak. Rukovodioci se oslanjaju na subjektivne ocene o učinku svakog pojedinca, međutim, u najvećem broju slučajeva ovakve ocene nisu adekvatne. Uspostavljanjem odgovarajućeg sistema merenja i praćenja efikasnosti moguće je definisati sposobnost svakog pojedinca i shodno tome izvršiti preraspodelu rada. U procesu organizacije i preraspodele rada neophodno je uzeti u obzir nivo obrazovanja radnika, polnu i starosnu strukturu, iskustvo u sličnim poslovima, socijalni status radnika i sl.

***Promene u broju radnika*** (napuštanje radnih mesta) pre svega su posledica nezadovoljstva radnika uslovima rada i primanjima. Takođe, ove promene mogu biti i posledica sezonskog karaktera pojedinih proizvoda. Problem motivisanosti radnika za konstantno obavljanje istovetnih operacija u neprimerenom radnom okruženju može se rešiti odgovarajućim korektivnim merama. Osim poboljšanja radnih uslova, povećanja plata, uvođenja sistema nagrađivanja zaposlenih, potrebno je povećati i svest zaposlenih o sopstvenom značaju i ulozi u celokupnom lancu. Odgovarajuće obuke i uvođenje savremenih tehnologija direktno utiču na poboljšanje uslova rada i dodatno utiču na efikasnost i motivisanost rada zaposlenih.

### 5.3.2. Promene u opremi i kapacitetima

**Smanjenje broja viljuškara** predstavlja jednu od osnovnih korektivnih akcija u prethodnim modelima. U procesu projektovanja sistema, usled lošeg dimenzionisanja, ali i promene u strukturi zahteva, neretko se pojavljuju viškovi u planiranim resursima. Ovo je najčešći uzrok viška viljuškara. Proces sprovođenja korektivnih akcija se može sprovesti prema sledećim koracima:

- određivanje tačnog broja viljuškara neophodnih za funkcionisanje – definisanje viška (rezultat modela);
- maksimalno iskorišćenje potrebnih viljuškara;
- ispitivanje mogućnosti prebacivanja viška viljuškara u druge sisteme i podsisteme koji su u vlasništvu kompanije;
- preostali višak se može iznajmljivati ili prodati.

Procedura je ista i za ostala sredstva mehanizacije koja se najčešće pojavljuju u DC (paletna kolica i druga oprema). Na osnovu rezultata modela predloženog u ovom poglavlju u tabeli 5.7. prikazane su neophodne redukcije broja viljuškara za posmatranih pet DC. Model pruža informacije o neophodnom smanjenju broja viljuškara, kao i o ciljnoj vrednosti koju sistem mora dostići kako bi se unapredila efikasnost.

**Tabela 5.7.** Smanjenje broja viljuškara i vozila za distribuciju

DMU	Broj viljuškara			Broj vozila za distribuciju		
	Početno stanje	Potrebna korekcija	Ciljna vrednost	Početno stanje	Potrebna korekcija	Ciljna vrednost
DMU 26	82	16	66	34	7	27
DMU 39	74	7	67	21	2	19
DMU 54	48	6	42	17	2	15
DMU 62	49	13	36	23	6	17
DMU 84	23	7	16	14	4	10

Tako, na primer, DMU 26 mora smanjiti ukupan broj viljuškara za 16 odnosno postići ciljnu vrednost 66, dok DMU 54 smanjenjem ukupnog broja viljuškara za 6 postiče ciljnu vrednost 42. Neophodno smanjenje broja viljuškara u



konkretnim slučajevima direktno zavisi od efikasnosti sistema i postojećeg broja viljuškara.

**Smanjenje broja vozila** – Kao jedan od glavnih resursa u procesu distribucije proizvoda, vozila u velikoj meri utiču na efikasnost distributivnih centara. Slično kao i za većinu resursa u logističkim procesima, dimenzionisanje predstavlja osnovni korak. Loše dimenzionisanje, nedovoljna iskorišćenost i loša organizacija korišćenja vozila osnovni su razlozi za pojavljivanje viška vozila. Usled loše iskorišćenosti i nestručnog upravljanja voznim parkovima, DC ne uspevaju da realizuju isporuke sa postojećim kapacitetima pa se pojavljuje potreba za angažovanjem spoljnih prevoznika (outsourcing). Osnovni koraci smanjenja broja vozila slični su kao u procesu smanjenja broja sredstava unutrašnje mehanizacije. Pre svega ovo se odnosi na definisanje neophodnog broja vozila, a potom i na uvođenje savremenih informacionih sistema za praćenje rada vozila i vozača u cilju maksimalnog iskorišćenja i sprečavanja zloupotrebe.

Informacije o neophodnom broju korektivnih akcija u slučaju pet posmatranih DC prikazane su u tabeli 5.7. U cilju unapređenja efikasnosti DMU 62 mora smanjiti ukupan broj vozila sa 23 na 17. Predloženim pristupom ustanovljeno je da DMU 84 mora uticati na smanjenje ukupnog broja vozila u voznom parku za 4, kao što se može videti u tabeli 5.7.

**Smanjenje broja zaposlenih u DC** – Najveći broj zaposlenih u DC predstavljaju komisionari i vozači koji predstavljaju preko 90% ukupnog broja zaposlenih. Broj vozača u direktnoj vezi je sa brojem vozila, tako da korektivne akcije vezane za vozila direktno utiču na broj vozača. Komisioniranje predstavlja radno intenzivan proces koji zahteva dosta vremena i stvara velike troškove. U pojedinim DC definišu odgovarajuće norme komisionara. Od stepena ispunjenja zadatah normi zavisice i potreban broj radnika. Smanjenje viška u broju komisionara na prvi pogled predstavlja nepopularnu meru otpuštanja radnika. Međutim, postoji niz koraka kojima se može prevazići ova situacija. Neretko se dešava da DC karakteriše nedostatak radnika na prijemu i otpremi robe, usled čega dolazi do grešaka u kvalitativnom i kvantitativnom prijemu i otpremi robe koje kasnije stvaraju dodatne troškove, odnosno direktno i indirektno prouzrokuju

gubitke. Jedan deo viška komisionara moguće je premestiti na prijem i otpremu robe u cilju smanjenja grešaka i unapređenja ovih procesa. Informacije o neophodnim korektivnim akcijama u broju zaposlenih kao rezultat modela prikazane su u tabeli 5.8. DMU 39 mora uticati na smanjenje broja zaposlenih u transportu i skladištu u cilju postizanja ciljnih vrednosti 43 komisionara i 78 vozača. Za posmatranu DMU 84 preduslov postizanja efikasnosti između ostalog predstavlja smanjenje broja zaposlenih u skladištu za 8, odnosno zaposlenih u transportu za 10.

**Tabela 5.8.** Smanjenje broja zaposlenih i veličine objekta

DMU	<b>Broj zaposlenih ( komisionari - vozači)</b>			<b>Veličina objekta (broj paletnih mesta)</b>		
	<i>Početno stanje</i>	<i>Potrebna korekcija</i>	<i>Ciljna vrednost</i>	<i>Početno stanje</i>	<i>Potrebna korekcija</i>	<i>Ciljna vrednost</i>
DMU 26	88 – 114	17 – 23	71 – 91	4486	897	3589
DMU 39	47 – 86	4 – 8	43 – 78	6286	566	5720
DMU 54	31 – 62	4 – 8	27 – 56	4272	555	3717
DMU 62	39 – 71	11 – 19	28 – 52	6993	1608	5385
DMU 84	27 – 34	8 – 10	19 – 24	5708	1771	3937

Drugi paradoks koji se neretko pojavljuje u DC Srbije jesu prekovremeni radni sati u sistemima sa viškom radnika. Prekovremeni radni sati u skladištima sa viškom radnika posledica su više faktora: nedovoljne motivacije radnika (pre svega novčane), neadekvatne kontrole radnika, nedovoljno dobre organizacije (načina komisioniranja), itd. Veliki broj radnika ne ispunjava dnevne i nedeljne norme pa se pojavljuje potreba za dodatnim radnim satima. Jedan od mogućih načina je smanjenje radnog vremena i motivacija zaposlenih čime bi se unapredila efikasnost procesa komisioniranja. Skraćanjem radnog vremena i uvođenjem više smena povećala bi se efikasnost procesa komisioniranja pri čemu bi broj radnika ostao isti, ali bi se troškovi prekovremenih sati koji iznose 110% cene standardnih radnih sati eliminisali.

**Smanjenje veličine objekta** – Ova korektivna akcija nije jednostavna za sprovođenje i direktno je povezana sa problemom dimenzionisanja objekta. Veličina skladišta i DC najčešće se izražava u površini poda objekta i broju paletnih

mesta. Smanjenje površine objekta predstavlja stratešku odluku koju nije jednostavno sprovesti. Kao i za opremu potrebno je dobro analizirati zahteve i izvršiti pravilno dimenzionisanje. Postupak smanjenja broja paletnih mesta uslovljen je konkretnim slučajem (realnom situacijom), tako da je teško definisati univerzalnu proceduru. Pre svega postojanje različitih zona u skladišnim objektima praćeno je često različitim stepenom popunjenosti. Tako se neretko dešava da se u jednoj zoni pojavljuje manjak prostora, dok je u drugoj prisutan višak prostora. U tom smislu je moguće izvršiti preraspodelu zona. Drugi problem prisutan u realnim sistemima jeste nepostojanje odgovarajuće mehanizacije i korišćenje samo donjih pozicija u paletnim regalima. Odgovarajućom mehanizacijom može se povećati iskorišćenost paletnih mesta i eliminisati odlaganje robe u prolazima, što često uzrokuje oštećenja robe i stvara dodatne troškove. Rezultati modela predloženog u ovom radu jasno ukazuju na neophodna smanjenja broja paletnih mesta u posmatranim centrima (tabela 5.8). Predloženim pristupom ustanovljeno je da DMU 26, DMU 39, DMU 54, DMU 62, DMU 84 moraju redukovati broj paletnih mesta za 897, 5720, 3717, 5385 i 3937 redom, u cilju unapređenja efikasnosti.

### 5.3.3. Smanjenje potrošnje energije

*Smanjenje potrošnje goriva* odnosi se pre svega na vozila spoljnog i unutrašnjeg transporta. Potrošnja goriva zavisi od vrste vozila, nosivosti, pređenog rastojanja. Bez obzira na tip vozila postoje određeni načini kojima se može smanjiti potrošnja energije. To su:

- bolje planiranje i raspoređivanje vozila u procesu distribucije;
- maksimizacija prostorne i vremenske iskorišćenosti vozila (boljim slaganjem robe se povećala prostorna iskorišćenost vozila i time je kompanija Lowe's smanjila broj pokretanja vozila za čak 4866<sup>18</sup>);
- eliminacija grešaka;
- uvođenje naprednih sistema praćenja rada vozila i vozača (npr. kompanija Dillon za 250 vozila koristi napredni sistem praćenja

---

<sup>18</sup> <http://www.lowes.com/>

pritiska u gumama čime ostvaruju velike uštede u potrošnji goriva na godišnjem nivou<sup>19</sup>);

- ograničavanje maksimalne brzine vozila;
- stimulisanje vozača odgovarajućim bonusima za potrošnju goriva ispod definisane granice;
- upotreba alternativnih vrsta goriva;
- minimizacija praznih vožnji.

U posmatranom distributivnom centru neophodno je primenom predložnih korektivnih akcija smanjiti potrošnju goriva prema vrednostima prikazanim u tabeli 5.9.

**Tabela 5.9.** Smanjenje potrošnje goriva i električne energije

DMU	Potrošnja goriva (n.j.)			Potrošnja el. energije (n.j.)		
	Početno stanje	Potrebna korekcija	Ciljna vrednost	Početno stanje	Potrebna korekcija	Ciljna vrednost
DMU 26	3951956	790391	3161565	822601	164520	658081
DMU 39	3627015	326431	3300584	925194	83267	841927
DMU 54	1046738	136076	910662	310433	40356	270077
DMU 62	2774320	638094	2136226	326262	75040	251222
DMU 84	1163021	360537	802484	178191	55239	122952

Jedna od neophodnih korektivnih akcija koju posmatrani centar DMU 84 mora sprovesti jeste upravo smanjenje potrošnje goriva za 360537 novčanih jedinica, koja se u konkretnom slučaju može povezati sa boljim planiranjem ruta i raspoređivanja vozila i zadataka. Na isti način DMU 26 mora smanjiti potrošnju goriva na 3161565 n.j. Ekološki aspekt efikasnosti poslednjih godina dobija na značaju. Smanjenje potrošnje goriva osim uštede vodi ka drugim pozitivnim efektima. Sve stroži zahtevi za smanjenjem emisije štetnih gasova direktno vode ka smanjenju potrošnje goriva. S obzirom na činjenicu da se sagorevanjem dizel goriva emituju CO<sub>2</sub> i drugi gasovi nejasno je da posmatrani centar osim uštede u novcu predloženim korektivnim akcijama može sprečiti emisiju više od 6t CO<sub>2</sub> i ostalih gasova u atmosferu koji izazivaju efekat staklene bašte.

<sup>19</sup> <http://www.dillontransport.com/>

***Smanjenje potrošnje električne energije*** – Najveći deo potrošnje električne energije u skladištima odlazi na rashlađivanje u hladnjačama, dok se manji deo energije troši na punjenje baterija električnih viljuškara. Visoka cena električne energije i sve veći zahtevi za potrošnjom, osnovni su motivi za postizanje energetske efikasnosti kroz redukciju potrošnje. Postoji niz akcija kojima se može redukovati potrošnja energije u skladištima hladnjačama<sup>20</sup>:

- izolacija zidova, poda i krova skladišta (oko 20% energije se gubi usled loše izolacije skladišta<sup>21</sup>);
- uvođenje „brzoaktivirajućih“ vrata koje smanjuju gubitak energije;
- uvođenje zaštitnih pretovarnih zona za frekventne robe (frekventni rad viljuškara);
- uvođenje vremenski kontrolisanih termostata;
- uvođenje savremenih sistema osvetljenja objekata u cilju smanjenja zagrevanja objekta;
- redovno održavanje opreme.

Potrošnja električne energije u posmatranim centrima znatno je veća od vrednosti koje su dovoljne za njihovo funkcionisanje. Tačne informacije o neophodnim uštedama date su tabeli 5.9. U tom smislu DMU 26 mora smanjiti potrošnju električne energije za 164520 n.j. , odnosno dostići granicu potrošnje od 658081 n.j. Potrošnja električne energije u DMU 84 veća je za 31%. Primenom pomenutih korektivnih akcija praktično je potrebno smanjiti oko 55239 novčanih jedinica u mesečnoj potrošnji električne energije. U posmatranim centrima uočena je veća potrošnja ostalih resursa kao što su gas, voda i sl. koje je takođe potrebno redukovati (tabela 5.10).

Smanjenje potrošnje električne energije za kompaniju znači smanjenje troškova i ostvarivanje odgovarajućih ušteda. Međutim, smanjenje potrošnje električne energije u distributivnim centrima, posebno skladištima hladnjačama direktno znači smanjenje emisije štetnih gasova i smanjenje potrošnje neobnovljivih resursa iz kojih se električna energija najčešće dobija. Očekivano je

---

<sup>20</sup> Pomenute akcije se mogu odnositi i na smanjenje potrošnje električne energije i u drugim skladištima.

<sup>21</sup> [https://www.utilitywarehouse.co.uk/files/nrginfo/Guide\\_to\\_Energy\\_Efficiency.pdf](https://www.utilitywarehouse.co.uk/files/nrginfo/Guide_to_Energy_Efficiency.pdf)

da će stroži zahtevi okruženja i zajednice dodatno uticati na povećanu upotrebu energije u logističkom sektoru. Ovo može dodatno motivisati logističke kompanije da sprovedu odgovarajuće korektivne akcije.

**Smanjenje troškova održavanja vozila** – Troškovi održavanja vozila imaju veliko učešće u ukupnim troškovima voznih parkova. U većini DC teži se održavanju vozila van kompanije, u specijalizovanim servisima. Ovo ne treba smatrati pravilom, već zavisnosti od konkretnog slučaja treba doneti odluka o načinu održavanja vozila. Održavanje vozila unutar kompanije nije čest slučaj u trgovinskim kompanijama, ali je pretpostavka da se njime mogu ostvariti određene uštede kada je reč o osnovnim intervencijama (zamena ulja, sitne popravke, zamena pneumatika). Dodatni gubici se mogu smanjiti kontrolom održavanja vozila u servisima, uvođenjem izveštaja o realizovanim popravkama. Rezultati sprovedenog istraživanja ukazuju da vozne parkove DC u Srbiji uglavnom karakteriše korektivno održavanje vozila. Međutim, preventivnim akcijama se mogu u velikoj meri smanjiti troškovi održavanja vozila. Uvođenje ček listi vozačima (koje oni popunjavaju pre i posle vožnje) može eliminisati troškove dodatnog održavanja vozila. Sistemi upravljanja voznim parkovima (*eng. fleet management system*), kao i drugi sistemi praćenja vozila mogu smanjiti troškove održavanja vozila prouzrokovani nepravilnim rukovanjem i zloupotrebom vozila, ali i pravovremenim otkrivanjem kvarova. Troškovi održavanja vozila nisu zanemarljivi i neophodno ih je smanjiti u posmatranim centrima. Kao jedna od poslednjih korektivnih akcija koju posmatrani DC mora sprovesti jeste smanjenje troškova održavanja vozila prema vrednostima prikazanim u tabeli 5.10.

**Tabela 5.10.** Smanjenje troškova održavanja vozila i potrošnje ostalih energenata

DMU	Troškovi održavanja vozila (n.j.)			Potrošnja ostalih energenata (n.j.)		
	Početno stanje	Potrebna korekcija	Ciljna vrednost	Početno stanje	Potrebna korekcija	Ciljna vrednost
DMU 26	1056601	211320	845281	40445	8089	32356
DMU 39	1004945	90445	914500	154248	13882	140366
DMU 54	127084	16521	110563	190543	24771	165772
DMU 62	660760	151975	508785	473514	108908	364606
DMU 84	139955	43386	96569	29227	9060	20167

Sprovedenjem svih korektivnih akcija posmatranih DC može se unaprediti efikasnost. Na osnovu prethodno definisanih akcija DMU 26, DMU 39, DMU 54, DMU 62 i DMU 84 mogu postati efikasni DC, kao što je prikazano u tabeli 5.11. Na osnovu svega navedenog moguće je izvesti zaključak da je odgovarajućim korektivnim akcijama moguće unaprediti efikasnost logističkih procesa u distributivnim centrima.

**Tabela 5.11.** *Efikasnost DC pre i posle sprovođenja korektivnih akcija*

DMU	Početna efikasnost	Korektivna akcija (smanjenje ulaza)	Efikasnost nakon korektivnih akcija
DMU 26	0.80	20%	1.00
DMU 39	0.91	9%	1.00
DMU 54	0.87	13%	1.00
DMU 62	0.73	27%	1.00
DMU 84	0.69	31%	1.00

# 6. MODELI MERENJA I UNAPREĐENJA EFIKASNOSTI LOGISTIČKIH PROCESA U KANALIMA DISTRIBUCIJE

Merenje efikasnosti distributivnih kanala predstavlja jedan od najviših nivoa merenja efikasnosti u logistici i odnosi se na strateški nivo odlučivanja. U cilju opstanka na tržištu, zadovoljenja zahteva korisnika i redukcije troškova, logističke kompanije moraju donositi odgovarajuće strateške odluke. U literaturi se u strateške odluke najčešće ubrajaju odluke o centralizovanom ili decentralizovanom upravljanju zalihama, guranim (*eng.push*) ili vučenim (*eng.pull*) tokovima i odluke o proizvodnji za zalihe ili proizvodnji prema zahtevima kupca (Wanke i Zinn, 2003). Pomenute odluke, između ostalog, u velikoj meri utiču na nivo usluge pružene krajnjim korisnicima i na ukupne troškove. Pedersen i ostali (2012) posebnu pažnju posvećuju odluci o centralizovanom ili decentralizovanom skladištenju. Tako na primer, odluka o centralizovanom ili decentralizovanom čuvanju zaliha utiče na tačnost isporuke, vreme isporuke, troškove skladištenja, troškove transporta, nivo usluge, broj zaposlenih, opremu, nivo zaliha. U prvom delu poglavlja razvijen je model za merenje efikasnosti distributivnih kanala, dok je u drugom delu razvijen model za merenje efikasnosti logističkih procesa u distributivnim kanalima. Informacije o korektivnim akcijama i mogućim unapređenjima efikasnosti, koje pružaju modeli, detaljnije su obrađene u trećem delu.



## **6.1. MODEL MERENJA EFIKASNOSTI DISTRIBUTIVNIH KANALA**

U ovoj disertaciji predložen je model za merenje efikasnosti distributivnih kanala. Distributivne kanale karakterišu različiti pokazatelji. Odluka o izboru zavisi od vrste odabranog pokazatelja. U tom smislu, u ovoj disertaciji je efikasnost distributivnog kanala postavljena kao osnovni kriterijum izbora. Osnovna prednost ovog pokazatelja, sa jedne strane, u tome je što objedinjuje veliki broj drugih pokazatelja, dok je sa druge strane, efikasnost preduslov smanjenja troškova i povećanja kvaliteta pruženih usluga. Predloženi model predstavlja neku vrstu pomoći u procesu odlučivanja o izboru distributivnih kanala.

### **6.1.1. Opis modela**

Distributivni kanali opisani u trećem poglavlju nisu podjednako zastupljeni u praksi. U praksi su najviše zastupljeni distributivni kanali trgovinskih kompanija. Za određene grupe proizvoda zastupljeni su i distributivni kanali proizvođača. Centralizovani i decentralizovani distributivni kanali su često zastupljeni u praksi. Poslednjih godina sve su prisutniji direktni distributivni kanali u kojima proces distribucije najčešće realizuju transportne i kurirske kompanije, a ponekad i sami proizvođači. Problem ovih kanala jeste nedovoljna kompetentnost posrednika, čija se uloga svodi na transportnu funkciju. U tom smislu direktni distributivni kanali sa specijalizovanim logističkim provajderima kao nosiocima svih logističkih funkcija u kanalima razmotreni su ovom delu<sup>22</sup>. U distributivnim kanalima sa maloprodajnim objektima dolazi do pojave outsourcing-a. Međutim, pojava specijalizovanih logističkih provajdera u direktnim distributivnim kanalima bez prisustva maloprodajnih objekata nalazi se na samom početku. U ovom delu detaljnije je analizirano pomenutih šest distributivnih kanala. Vrednosti indikatora za pojedine grupe distributivnih kanala prikazane u tabeli 6.1. predstavljaju subjektivne procene vrednosti kriterijuma za posmatrane distributivne kanale. U

---

<sup>22</sup> Ovi kanali predstavljaju neku vrstu „vizionarskih“ kanala koji još uvek nisu u potpunosti razvijeni.

ovom radu pretpostavljene vrednosti su korišćene kao primer za testiranje predložene metodologije.

**Tabela 6.1.** *Indikatori za merenje efikasnosti distributivnih kanala\**

	Troškovi skladišta	Troškovi transporta	Troškovi zaliha	Troškovi opreme	Greške	Vreme isporuke	Nivo usluge	Obim posla
Direktni kanali distribucije	0.3	0.5	0.15	0.15	0.25	0.3	0.6	0.6
Distributivni kanali trgovca	0.4	0.4	0.25	0.4	0.35	0.4	0.35	0.8
Centralizovani kanali distribucije	0.25	0.9	0.3	0.35	0.3	0.65	0.2	0.4
Decentralizovani kanali distribucije	0.9	0.3	0.7	0.8	0.2	0.35	0.5	0.5
Distributivni kanali proizvođača	0.7	0.55	0.6	0.55	0.5	0.45	0.6	0.3
Direktna distribucija specijalizovanih logističkih provajdera	0.12	0.2	0.2	0.25	0.15	0.15	0.9	0.7

\*Vrednosti u tabeli predstavljaju odgovarajuće ocene pojedinih kanala za određene parametre (indikatore) na skali 0-1

Na osnovu stanja parametara korišćenih u literaturi (Pedersen i ostali, 2012; Wanke i Zinn, 2004), ali i u praksi, definisan je skup od osam zajedničkih pokazatelja: troškovi skladišta, troškovi transporta, troškovi zaliha, troškovi opreme, nivo usluge, vreme isporuke, stepen grešaka i obim poslova. Skup troškovnih pokazatelja sadrži četiri osnovne kategorije logističkih troškova. Troškovi skladišta, transporta, zaliha i opreme variraju u zavisnosti od tipa distributivnog kanala i veoma su značajni za njihov rad. Troškovi skladišta predstavljaju sumu svih troškova nastalih u skladištu. Ukupni troškovi nastali u transportu predstavljaju drugu kategoriju troškova korišćenih u ovom modelu. Zasebnu grupu troškova predstavljaju troškovi opreme kao ključnih elemenata efikasne distribucije. Poslednja, ali podjednako važna kategorija troškova jeste trošak zaliha čije su osnovne komponente troškovi držanja zaliha i troškovi vezanog kapitala. Vreme isporuke predstavlja jedan od ključnih pokazatelja distributivnih kanala. Jedan od zajedničkih ciljeva svih učesnika u distributivnim kanalima je minimizacija vremena isporuke. Stepem grešaka u distributivnim kanalima zavisi od broja i strukture učesnika u kanalima. Kao što je ranije spomenuto, greške generišu dodatne troškove, ali utiču i na zadovoljstvo korisnika i promet, sa druge strane. Važan pokazatelj korišćen za procenu efikasnosti rada distributivnih kanala je nivo usluge, kao pokazatelj ukupnog kvaliteta

distributivnih procesa. Poslednji pokazatelj predstavlja obim posla koji određene kategorije distributivnih kanala mogu realizovati.

U situaciji relativno malog broja jedinica odlučivanja i relativno velikog broja indikatora, primena standardnih modela merenja efikasnosti prisutnih u literaturi ne daje odgovarajuće rezultate. Merenje efikasnosti distributivnih kanala izvršeno je modelom opisanim u nastavku (Andrejić i Kilibarda, 2014):

$$\max_{U_{PC}, V_{PC}} U_{PC} Y_{PC}^a$$

Uz ograničenja:

$$V_{PC} X_{PC}^a = 1$$

$$V_{PC} X_{PC} - U_{PC} Y_{PC} \geq 0$$

$$V_{PC_i} - V_{PC_{i+1}} \geq 0, \text{ za } i = 1, \dots, m-1, \text{ gde je } m \text{ PCs analizirano}$$

$$U_{PC_i} - U_{PC_{i+1}} \geq 0, \text{ za } i = 1, \dots, m-1, \text{ gde je } m \text{ PCs analizirano}$$

$$V_{PC}^t L_x \geq 0$$

$$U_{PC}^t L_y \geq 0$$

$$V_{PC}, U_{PC}, \text{ free}$$

(M 6.1)

$V_{PC}$  i  $U_{PC}$  predstavljaju vektore težina koji su dodeljeni ulaznim i izlaznim glavnim komponentama, dok  $X_{PC}$  i  $Y_{PC}$  predstavljaju matrice ulaznih i izlaznih promenljivih.  $L_x$  i  $L_y$  predstavljaju matrice linearnih koeficijenata dobijenih primenom analize glavnih komponenti ulaznih i izlaznih podataka.

### 6.1.2. Merenje efikasnosti distributivnih kanala

U cilju utvrđivanja relativnog značaja pojedinih pokazatelja, u prvoj fazi je sprovedena analiza glavnih komponenti (tabela 6.2). Analizom rezultata uočene su po dve glavne komponente u ulaznim, odnosno izlaznim veličinama. Dve ulazne komponente obuhvataju ukupno 96% ukupne varijanse. U prvoj komponenti najveći značaj imaju troškovi transporta i opreme sa varijansom od 51%, što pokazuje da transport kao sistem u velikoj meri utiče na efikasnost distributivnih kanala. Nešto manja varijansa obuhvaćena je drugom komponentom, 46% sa

najvećim značajem troškova skladišta i troškova zaliha. Očigledno da efikasnost distribucije u velikoj meri zavisi od odvijanja skladišnih procesa. Dobijeni rezultati u koliziji su sa praktičnim iskustvima. U grupi izlaznih pokazatelja izdvojene su dve izlazne komponente koje obuhvataju ukupno 85% varijanse, pri čemu je značaj prve komponente 63% sa najvećim učešćem nivoa usluge i vremena isporuke. Ovo je u skladu sa zaključcima u literaturi gde se navodi da je kvalitet usluge jedan od osnovnih preduslova efikasnosti (Andrejić i ostali, 2013). Varijansa obuhvaćena drugom komponentom iznosi 22%, pri čemu se obim posla izdvaja kao komponenta sa najvećim značajem.

**Tabela 6.2.** Značaj pojedinih faktora za procenu efikasnosti distributivnih kanala

<i>Ulazni pokazatelji</i>	PC1	PC2
Troškovi skladišta	0.132	0.976
Troškovi transporta	0.986	0.023
Troškovi zaliha	-0.065	0.984
Troškovi opreme	0.984	0.041
<i>Varijansa</i>	<i>51%</i>	<i>46%</i>
<i>Izlazni pokazatelji</i>	PC1	PC2
Greške	-0.228	-0.251
Vreme isporuke	0.984	0.003
Nivo usluge	0.830	0.422
Obim posla	0.123	0.963
<i>Varijansa</i>	<i>63%</i>	<i>22%</i>

U drugoj fazi je na osnovu rezultata prve faze izvršena procena efikasnosti pojedinih distributivnih kanala. Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 6.3 može se zaključiti da su najefikasniji distributivni kanali sa direktnom distribucijom i logističkim provajderom kao kreatorom celokupnog lanca i realizatora svih procesa i aktivnosti (od poručivanja do isporuke, po potrebi vrše i funkciju prodaje (specijalni maloprodajni objekti)). Ovaj tip podrazumeva tesnu saradnju i kolaboraciju proizvođača, provajdera, ali i korisnika. Kolaboracija se pre svega ogleda u jedinstvenom informacionom sistemu i deljenju informacija.

**Tabela 6.3.** *Efikasnost različitih distributivnih kanala*

<b>Tip distributivnog kanala</b>	<b>Benčmark</b>	<b>Efikasnost</b>
Direktni kanali distribucije	DMU 6-0.86168	0.87
Distributivna mreža trgovca	DMU 6-0.87515	0.49
Centralizovani sistem distribucije	DMU 6-0.65423	0.42
Decentralizovani sistem distribucije	DMU 6-0.82999	0.43
Mreža proizvođača	DMU 6-0.64393	0.23
Specijal. distributivni kanali logističkih provajdera	DMU 6-1	1
	<i>prosek</i>	<i>0.57</i>

Usko specijalizovani provajderi za distribuciju određenih grupa proizvoda (jednog ili više proizvođača) imaju mogućnost da u potpunosti isplaniraju i usklade kapacitete, resurse, procese i aktivnosti u skladu sa zahtevima korisnika na tržištu. Na taj način oni mogu minimizirati troškove transporta, skladištenja, opreme i zaliha, uz minimalni nivo grešaka. Nasuprot tome, direktna distribucija obezbeđuje minimalno vreme isporuke uz maksimalni nivo usluge. Na osnovu rezultata dobijenih za posmatrani primer jasno je da distributivna mreža proizvođača ima minimalnu efikasnost što se može objasniti visokim troškovima, relativno niskim nivoom usluge, dugim vremenom isporuke i velikim brojem grešaka. Standardni direktni distributivni kanali imaju relativno visok nivo efikasnosti. Kao što je spomenuto ovi kanali se još uvek primenjuju samo za određene kategorije proizvoda. Daljim razvojem pomenuti kanali će prerasti u kanale sa specijalizovanim logističkim provajderima, kao izvršiocima svih procesa i aktivnosti u kanalu. Efikasnost distributivnih kanala trgovaca, kao i klasičnih centralizovanih i decentralizovanih kanala distribucije relativno je slična što odgovara rezultatima u literaturi (Pedersen i ostali, 2012). Prikazane rezultate ne treba prihvatati kao jedinstvene i nepromenljive. Posmatrani pokazatelji u pojedinim kanalima zavisice od drugih faktora kao što su vrsta proizvoda, dužina kanala, okruženje što predstavlja pravac budućih istraživanja.

## **6.2. MERENJE EFIKASNOSTI LOGISTIČKIH PROCESA U DISTRIBUTIVNIM KANALIMA**

U distributivnim kanalima realizuju se brojni logistički procesi. U ovom delu predložen je pristup za merenje efikasnosti logističkih procesa u distributivnim kanalima. Prikazani sistem jedan je od tipičnih predstavnika sistema distribucije koji posluju na području Srbije. U sistemu se pojavljuje pet osnovnih procesa (slika 6.1).

### **6.2.1. Osnovni procesi u distributivnom kanalu**

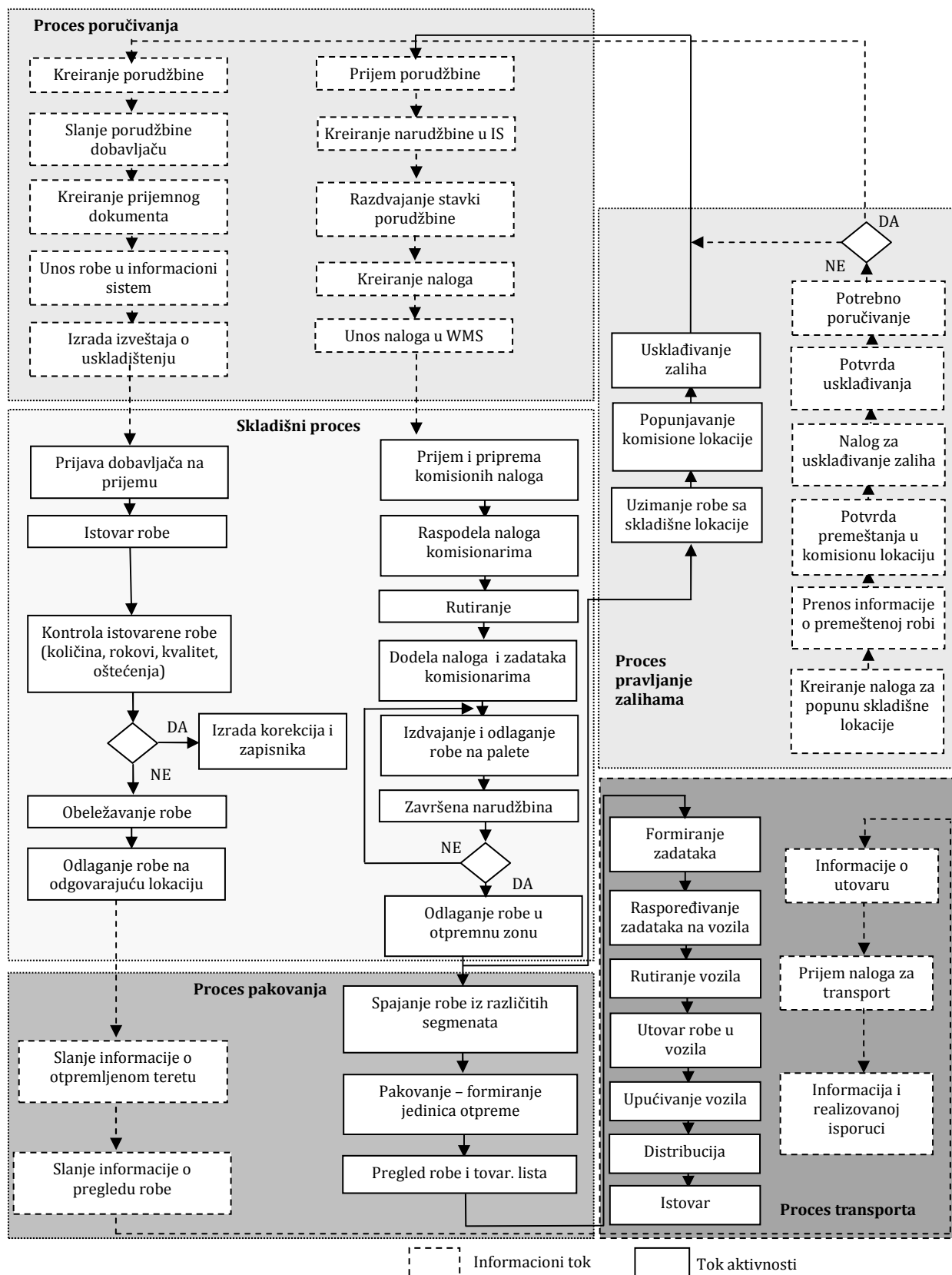
Prvi proces u distributivnom kanalu se odnosi na poručivanje proizvoda. Proces poručivanja proizvoda može se posmatrati sa dva aspekta. Prvi aspekt se odnosi na sve aktivnosti u procesu poručivanja proizvoda od dobavljača, u cilju popunjavanja zaliha. Drugi deo se odnosi na prodajnu mrežu i aktivnosti poručivanja proizvoda od strane korisnika. Zahtevi korisnika mogu biti ispostavljeni na više načina putem elektronske pošte, poručivanjem u izložbenim objektima (show room<sup>23</sup>), telefonom, i sl. Formiranje i slanje zahteva, unos robe, kao i niz ostalih aktivnosti koje se pojavljuju u ovom procesu direktno su vezani za informacioni tok. Skladišni proces sledeći je u nizu procesa. U ovom procesu se realizuju aktivnosti koje se mogu podeliti u dve celine. Prvu celinu čine aktivnosti prijema i uskladištenja robe prethodno poručene od dobavljača, dok u drugu spadaju aktivnosti obrade zahteva korisnika i pripreme robe za isporuku. Skladišni proces u velikoj meri zavisi od toka i brzine razmene informacija. Na osnovu zahteva kupaca formiraju se komisioni nalozi na osnovu kojih će se vršiti realizacija porudžbina kupaca. Sam proces komisioniranja, u zavisnosti od tehnologije rada, može se realizovati na više različitih načina. Nakon završetka komisioniranja roba se odlaže u otpremnu zonu gde se vrši pakovanje i priprema za isporuku. Proces pakovanja realizuje se kroz aktivnosti spajanja robe iz

---

<sup>23</sup> U terminologiji trgovinskih lanaca snabdevanja termin show room se koristi za označavanje neke vrste izložbenog prostora (izloga) gde kupac može videti proizvod i putem prenosivog terminala ispostaviti zahtev za određenim vrstama i količinama proizvoda.

različitih segmenata, formiranja jedinica otpreme, pregleda robe i tovarnih listova, kao i utovara robe u transportna sredstva. U direktnoj je vezi sa procesom obrade porudžbine i procesom otpreme (transporta).

Proces otpreme i transporta jedan je od ključnih procesa u distribuciji proizvoda. Od ovog procesa direktno zavisi realizacija korisničkih zahteva. Izbor strategije distribucije (transporta) kao poslednjeg procesa distribucije jedna je od osnovnih odluka. U praksi se najčešće sreću dva slučaja. Prvi slučaj je strategija brze isporuke, pri čemu se odmah nakon realizacije obrade porudžbine, bez ili sa manje mogućnosti spajanja više porudžbina, vrši isporuka. Sa druge strane, strategija sa nakupljanjem podrazumeva duži rok isporuke, pri čemu se pokretanje vozila vrši nakon spajanja više različitih porudžbina. Proces transporta karakterišu troškovi energije i održavanja vozila, ali i relativno česta pojava grešaka. Nakon obrade svakog zahteva kupca, vrši se provera stanja zaliha pojedinih proizvoda. U zavisnosti od nivoa zaliha vrši se popunjavanje zaliha kao što je opisano u prvom procesu. Na samom kraju procesa distribucije jeste istovar robe u maloprodajnim objektima.



Slika 6.1. Logistički procesi i aktivnosti u distribuciji proizvoda



## 6.2.2. Razvoj scenarija

U cilju utvrđivanja efikasnosti pojedinih procesa i aktivnosti u različitim okolnostima generisano je više scenarija. Utvrđene su tri ključne odluke koje u velikoj meri određuju efikasnost procesa i aktivnosti. U tom smislu način poručivanja (show room ili internet), način komisioniranja (papirno ili RF (*eng. radio frequency*)), kao i strategija distribucije (brza isporuka ili sa nakupljanjem), generišu osam različitih scenarija.

U literaturi i praksi je veliki broj indikatora koji se koriste za praćenje rada pomenutih procesa. Kao prvi u nizu procesa u distributivnim kanalima, proces poručivanja karakterišu troškovi poručivanja, brzina (jednostavnost) poručivanja i stepen tačnosti (stepen pogrešnih porudžbina). Skladišni proces karakterišu sledeći indikatori: broj radnika u skladištu, oprema, ukupno vreme trajanja pojedinih aktivnosti, prekovremeni sati u skladištu, broj komisionih transakcija, potrošnja električne energije, potrošnja ostalih energenata, broj realizovanih naloga, greške (oštećenja, manjak, višak). Proces pakovanja se može opisati sledećim pokazateljima: broj radnika, troškovi materijala i energije<sup>24</sup> i broj jedinica pakovanja. Kao što je ranije rečeno, upravljanje zalihama u velikoj meri može uticati na efikasnost distribucije. U cilju uspešnog sagledavanja procesa upravljanja zalihama korišćeni su sledeći pokazatelji: ukupna vrednost zaliha, veličina skladišta, obrt zaliha, prostorna iskorišćenost skladišta i greške prouzrokovane lošim upravljanjem zalihama (roba sa isteklim rokom). Značaj procesa transporta u sistemu distribucije navodi na upotrebu većeg broja pokazatelja neophodnih za njegovo uspešno sagledavanje. U ovom istraživanju korišćeno je sledećih dvanaest pokazatelja: broj zaposlenih, broj vozila, potrošnja energije, prekovremeni sati vozača, troškovi održavanja vozila, broj isporuka, prevezene količine (palete), pređeno rastojanje (km), prostorna i vremenska iskorišćenost vozila, greške (kašnjenja, oštećenja i sl.) i promet. Poslednji u nizu procesa jeste istovar proizvoda u maloprodajni objekat. U praksi postoje različite varijante realizacije ovog procesa. Proces istovara karakterišu tri veličine: troškovi istovara, brzina istovara i pojava grešaka u procesu istovara.

---

<sup>24</sup> Veći deo potrošnje se odnosi na potrošnju materijala kao što je strech folija.

Svaki od pomenutih scenarija karakterišu različite vrednosti indikatora za pojedine procese (Prilog 4)<sup>25</sup>. Tako na primer, poručivanje putem interneta utiče na veći broj zahteva korisnika, veći obrt zaliha, ali i veći broj grešaka prouzrokovanih većim obimom poslovanja, ali i nepoznavanjem stanja zaliha. Na sličan način papirni sistem komisioniranja je znatno sporiji, sa većim mogućnostima pravljenja grešaka, ali sa znatno manjim troškovima investiranja i eksploatacije. Distribucija sa nakupljanjem direktno utiče na bolju iskorišćenost vozila, manju potrošnju energije, manji broj pokretanja vozila (samim tim i broja vozila i vozača), manji stepen grešaka, manje troškove održavanja vozila. Sa druge strane ova strategija utiče na duže vreme isporuke, što dalje može uticati na manji broj zahteva klijenata i smanjenje prometa i prihoda.

### 6.2.3. Merenje efikasnosti logističkih procesa

Mali broj jedinica odlučivanja i znatno veći broj indikatora direktno utiče na nemogućnost primene standardnih modela merenja efikasnosti prisutnih u literaturi. Za potrebe merenja efikasnosti procesa u distributivnim kanalima korišćeni su različiti modeli u zavisnosti od vrste procesa. S obzirom na činjenicu da su procesi opisani različitim brojem indikatora, korišćeni su različiti modeli. Tako je merenje efikasnosti procesa skladišnog procesa, upravljanja zalihama i transporta realizovano modelom M 6.1. opisanim u ovom poglavlju. Proces merenja efikasnosti procesa poručivanja, pakovanja i istovara, zbog malog broja pokazatelja, realizovan je primenom modela M 4.4. opisanim u poglavlju 4. Rezultujuće efikasnosti osnovnih procesa prikazane su u tabeli 6.4. Ukupna efikasnost distributivnog kanala ( $E_{dk}$ ) može se predstaviti kao zbir efikasnosti procesa poručivanja ( $E_{pp}$ ), skladišnog procesa ( $E_{sp}$ ), procesa pakovanja ( $E_p$ ), efikasnost transporta ( $E_t$ ), efikasnost upravljanja zalihama ( $E_{uz}$ ) i procesa istovara ( $E_i$ ).

$$E_{dk} = E_{pp} + E_{sp} + E_p + E_t + E_{uz} + E_i \quad (M\ 6.2)$$

---

<sup>25</sup> Vrednosti indikatora pojedinih scenarija generisane su na osnovu povezanosti karakterističnih odluka u scenarijama i odgovarajućih pokazatelja.

**Tabela 6.4.** Efikasnosti procesa u posmatranom distributivnom kanalu

Scenarijo*	DMU	Poručivanje	Skladišni proces	Pakovanje	Upravlj. zalihama	Transport	Istovar	Suma	Rang
A0 B0 C0	DMU 1	0.36	0.82	0.44	0.62	0.64	0.31	3,20	8
A0 B0 C1	DMU 2	0.41	1.00	0.62	0.90	0.72	0.48	4,13	5
A0 B1 C0	DMU 3	0.37	1.00	0.55	0.74	0.77	0.39	3,80	7
A0 B1 C1	DMU 4	0.45	1.00	0.74	1.00	0.79	0.56	4,54	4
A1 B0 C0	DMU 5	0.69	0.69	0.46	0.66	0.81	0.52	3,84	6
A1 B0 C1	DMU 6	0.68	0.71	0.75	1.00	0.97	0.73	4,83	2
A1 B1 C0	DMU 7	0.71	0.63	0.70	0.95	0.99	0.69	4,68	3
A1 B1 C1	DMU 8	1.00	0.65	1.00	1.00	1.00	1.00	5,65	1
<i>Prosek</i>		0.58	0.81	0.66	0.86	0.84	0.58		
		<i>*A0 – poručivanje iz show room-a</i>		<i>B0 – papirno komisioniranje</i>		<i>C0–distribucija bez nakupljanja</i>			
		<i>A1 – poručivanje internetom</i>		<i>B1– napredno komisioniranje</i>		<i>C1–distribucija sa nakupljanjem</i>			

Rezultati jasno ukazuju na činjenicu da efikasnost pojedinih procesa varira u zavisnosti od primenjene strategije<sup>26</sup>. U nastavku je detaljnije analizirana efikasnost pojedinih procesa.

### **Proces poručivanja**

Prvi u nizu procesa u distributivnom kanalu, kao i jedan od procesa u kojima je korisnik direktno uključen, odnosi se na proces poručivanja. Na osnovu definisanih parametara procenjena je efikasnost ovog procesa. Najefikasniji proces prijema porudžbine odnosi se na osmi scenario, dok je najmanje efikasan prvi scenario. Proces prijema porudžbine znatno je efikasniji u slučaju poručivanja putem interneta, naprednog sistema komisioniranja i isporuke sa dužim rokom nakupljanja proizvoda.

### **Skladišni proces**

Sa prosečnom vrednosti efikasnosti od 0.81 skladišni proces predstavlja relativno efikasan proces. Ovaj proces najmanje je efikasan u kombinaciji poručivanja putem interneta, naprednog sistema komisioniranja i distribucije bez nakupljanja. Ovo se može objasniti intenzivnim poručivanjem proizvoda koji zahtevaju brze isporuke. Sa aspekta poručivanja show room predstavlja efikasnije rešenje za skladišni proces. To je posledica direktnog kontakta proizvoda i

<sup>26</sup> Efikasnost procesa poručivanja u posmatranim scenarijima nije se bitno menjala tako da efikasnost ovog procesa nije detaljnije istraživana.

korisnika, kao i bolje usaglašenosti izloženih proizvoda i stanja na zalihama. Na osnovu rezultata analize glavnih komponenti prikazanih u narednoj tabeli, može se uočiti da su od ukupno devet pokazatelja, kojima se može opisati skladišni proces primenom predloženog modela, formirane tri veštačke promenljive (dve ulazne i jedna izlazna).

**Tabela 6.5.** Analiza glavnih komponenti procesa skladištenja

<i>Ulazni pokazatelji</i>	PC1	PC2
Broj radnika u skladištu	0.889	0.432
Vreme realizacije - pojedinih aktivnosti (h)	0.934	-0.104
Oprema	0.889	0.432
Broj komisionih transakcija	0.889	0.432
Prekovremeni sati u skladištu	0.934	-0.104
Potrošnja el. energije	-0.643	0.744
Ostali energenti	-0.643	0.744
	<i>Varijansa</i>	70%      24%
<i>Izlazni pokazatelji</i>	PC1	PC2
Broj realizovanih naloga	0.793	
Greške (manjak, višak, oštećenje)	0.793	
	<i>Varijansa</i>	63%

Poseban značaj u prvoj komponenti imaju pokazatelji vremena realizacije pojedinih aktivnosti, opreme, broja zaposlenih i prekovremenih sati koji obuhvataju preko 70% ukupnog odstupanja. Prema rezultatima prikazanim u tabeli 6.5 poseban značaj u drugoj komponenti imaju pokazatelji potrošnje energije, što dalje direktno utiče na efikasnost posmatranog procesa. U grupi izlaznih pokazatelja izdvajaju se dva pokazatelja sa istim značajem i to broj realizovanih naloga i ukupan broj grešaka.

### **Transport**

Prosečna efikasnost procesa transporta u osam posmatranih scenarija iznosi 0.84. Efikasnost procesa transporta najmanja je u prvom scenariju, koji karakteriše poručivanje iz show room-a, papirni sistem komisioniranja i distribucija sa nakupljanjem. Za efikasnu realizaciju transporta, kao ključnog procesa distribucije proizvoda, od izuzetne važnosti su isporuka sa nakupljanjem, napredni sistem komisioniranja i internet poručivanje (tabela 6.6). Ovo pokazuje i podatak u tabeli 6.3. Transportni podsistem postiže maksimalnu efikasnost u poslednjem scenariju. Rezultati analize glavnih komponenti prikazani su u tabeli 6.6.

**Tabela 6.6.** Analiza glavnih komponenti procesa transporta

<i>Ulazni pokazatelji</i>	PC1	PC2	
Broj zaposlenih	0.583	0.813	
Broj vozila	0.583	0.813	
Potrošnja energije	0.970	-0.244	
Prekovremeni sati vozača	0.970	-0.244	
Troškovi održavanja	0.970	-0.244	
Broj isporuka	0.970	-0.244	
	<i>Varijansa</i>	74%	25%

<i>Izlazni pokazatelji</i>	PC1	PC2
Prevezene količine (palete)	-0.686	
Pređeni km	0.992	
Prostorna iskorišćenost	0.992	
Vremenska iskorišćenost	0.992	
Greške (kašnjenja, oštećenja i sl)	0.992	
Promet u milionima dinarima	-0.686	
	<i>Varijansa</i>	88%

U prvoj komponenti koja objašnjava 74% varijanse kao značajniji pokazatelji izdvajaju se potrošnja energije, troškovi održavanja, broj isporuka i prekovremeni sati vozača, dok su u drugoj komponenti značajniji pokazatelji kapaciteta (broj vozila i broj zaposlenih). Analizom izlazne komponente jednostavno je zaključiti da na efikasnost utiču pokazatelji iskorišćenja (vremenska i prostorna), ali i pređeno rastojanje i greške nastale u transportu.

### **Upravljanje zalihama**

Upravljanje zalihama, kao proces koji vezuje dosta kapitala, u velikoj meri zavisi od sistema distribucije, ali i načina poručivanja i komisioniranja. U slučaju distribucije bez nakupljanja, papirnog sistema komisioniranja i poručivanja putem interneta, efikasnost je najmanja i iznosi 0.62. Sa druge strane, efikasnost procesa upravljanja zalihama maksimalna je u čak tri scenarija. Na osnovu analize glavnih komponenti procesa upravljanja zalihama jasno je da su se izdvojile tri komponente (tabela 6.7). Vrednost zaliha i veličina skladišta predstavljaju značajne ulazne komponente, dok obrt zaliha i greške imaju veći značaj u prvoj izlaznoj komponenti, a prostorna iskorišćenost skladišta u drugoj izlaznoj komponenti. Pomenuti parametri u velikoj meri određuju efikasnost procesa upravljanja zalihama, koji dalje direktno utiče na efikasnost celokupnog distributivnog kanala.

**Tabela 6.7.** Analiza glavnih komponenti procesa upravljanja zalihama

<i>Ulazni pokazatelji</i>	PC1	PC2	
Ukupna vrednost zaliha (milioni n.j.)	0.752		
Veličina skladišta (br. pal. mesta)	0.752		
	<i>Varijansa</i>	56%	
<i>Izlazni pokazatelji</i>	PC1	PC2	
Obrt zaliha	0.891	0.059	
Prostorna iskorišćenost skladišta	-0.009	0.998	
Greške (istekao rok)	0.889	-0.075	
	<i>Varijansa</i>	52%	33%

### **Pakovanje**

Najmanje efikasan proces u posmatranom primeru je proces pakovanja i iznosi svega 0.62. Najmanja efikasnost procesa pakovanja je u slučaju poručivanja iz show room-a, papirnog komisioniranja i kratkog vremena isporuke. Na proces pakovanja u velikoj meri utiče odabrani sistem distribucije. Brze isporuke manjih količina direktno utiču na povećanu potrošnju materijala za pakovanje, kao i mogućnost pojave grešaka. Pakovanje predstavlja proces kome se u praksi ne pridaje dovoljno značaja. Međutim, neefikasan proces pakovanja direktno utiče na smanjenje efikasnosti celokupnog distributivnog kanala. Takođe, greške u procesu pakovanja mogu direktno uticati na pojavu grešaka u procesu transporta što dalje utiče na smanjenje efikasnosti kanala.

### **Istovar**

Poslednji u nizu distributivnih procesa predstavlja istovar proizvoda krajnjem korisniku. Efikasnost procesa istovara rezultat je ukupnih troškova sa jedne strane i brzine istovara i stepena grešaka sa druge strane. U konkretnom slučaju najefikasniji istovar je u poslednjem scenariju.

Rezultati prikazani u tabeli 6.3. jasno ukazuju na to da je najefikasniji sistem označen kao DMU 8. Ukupna efikasnost procesa najveća je u slučaju poručivanja putem interneta, komisioniranja primenom RF uređaja i distribucije sa nakupljanjem. U ovom slučaju efikasnost procesa prijema porudžbine, pakovanja, upravljanja zalihama, transporta i istovara iznosi 1, dok je efikasnost procesa obrade porudžbine 0.65. Sa druge strane, DMU 1 je najmanje efikasna, što dalje znači da kombinacija poručivanja iz show room-a, papirnog sistema

komisioniranja i kratkog vremena isporuke ne predstavlja dobru kombinaciju. Zajednička karakteristika tri najmanje efikasna lanca je strategija distribucije bez nakupljanja, sa vrlo kratkim vremenom isporuke.

Generalni zaključak je da ne postoji univerzalna odluka o najefikasnijim scenarijima, s obzirom da na efikasnost može uticati vrsta proizvoda, obim poslovanja, okruženje. Dobijeni rezultati mogu poslužiti kao smernice i dati okvir za donošenje odluka o logističkim procesima i aktivnostima u distribuciji proizvoda.

### 6.3. UNAPREĐENJE EFIKASNOSTI LOGISTIČKIH PROCESA U DISTRIBUTIVNIM KANALIMA

Modeli predloženi u ovom poglavlju pružaju korisne informacije o neophodnim unapređenjima neefikasnih sistema. Korektivne akcije kojima se može unaprediti efikasnost logističkih procesa u distributivnim kanalima odnose se na unapređenje informacionog sistema, smanjenje grešaka u transportu, skladištenju i zalihama, povećanje prometa i iskorišćenosti resursa (tabela 6.8).

**Tabela 6.8.** Unapređenje efikasnosti logističkih procesa u distributivnim kanalima

	<i>Unapređenje informacionog sistema (skraćenoje trajanja)</i>	<i>Smanjenje grešaka</i>	<i>Povećanje iskorišćenosti</i>	<i>Povećanje izlaza</i>	<i>Efikasnost nakon primene korektivnih akcija</i>
Proces poručivanja	67%	67%	/	/	1.00
Skladišni proces	19%	19%	/	19% povećanje realizovanih isporuka	1.00
Proces pakovanja	34%	34%	/	34% povećanje broja upakovanih jedinica	1.00
Proces upravljanja zalihama	14%	14%	14% iskorišćenosti prostora	/	1.00
Proces transport	16%	16%	16% prostorne i vremenske iskorišćenosti vozila	16% povećanje broja prevezenih paleta (prometa)	1.00
Proces istovara	61%	61%	/	/	1.00

### 6.3.1. Unapređenje informacionog sistema

Nepostojanje adekvatnog informacionog sistema, kao i njegovo nedovoljno korišćenje često se zanemaruju u DC. U svakom sistemu zadatak informacije jeste da koordinira i podržava aktivnosti koje stvaraju vrednost i predstavljaju jedan od ključnih faktora za poboljšanje efikasnosti i efektivnosti lanca. Bez obzira da li informacija prethodi, prati i sledi robni tok ona mora biti pravovremena, jasna, pouzdana i precizna. Integrisana informacija i odgovarajući informacioni sistem ključni su za efikasno funkcionisanje procesa distribucije. Uvođenje informacionog sistema sa što jednostavnijom aplikacijom dostupnom na svim nivoima osnov je uspešne i efikasne distribucije proizvoda. U distributivnim sistemima neophodno je izvršiti integraciju sistema za upravljanje skladištem (*WMS – Warehouse Management System*) i sistema za upravljanje transportom (*TMS – Transport Management System*). Poseban dodatni zadatak informacionih sistema koji poslednjih godina dobija na značaju jeste integracija logističkih sistema sa ostalim učesnicima u lancu uključujući i krajnje korisnike. Tako, na primer, u kompaniji DELTA DMD, sektor dodatnih logističkih servisa je povezan lokalnom računarskom mrežom sa svim podsistemima logističkog centra koji na direktan ili indirektan način učestvuju u realizaciji servisa. Definisana je linija komunikacije i izveštavanja čime se omogućava bolja koordinacija, pruža mogućnost bržeg reagovanja, boljeg planiranja i povećava fleksibilnost u dinamičkom okruženju (Životić, 2011).

Informacionim povezivanjem osnovnih procesa u distributivnom kanalu i boljom i bržom razmenom informacija u velikoj meri se može uticati na skraćanje vremena izvršenja pojedinih procesa, a samim tim i smanjenje ukupnog vremena isporuke. Sa tim u vezi efikasnost šest distribivnih centara prikazanih u tabeli 6.1 može se unaprediti skraćanjem vremena isporuke za 43%. Kao posledica brže razmene informacija i pripreme potrebnog broja radnika i drugih resursa koji se koriste u procesu pakovanja unapređenjem informacionog sistema moguće je ubrazati proces pakovanja za 34% (tabela 6.8). U cilju povećanja efikasnosti unapređenjem informacionog sistema vreme istovara je moguće ubrzati za 61%. Na sličan način je moguće unaprediti efikasnost ostalih procesa u distributivnom kanalu (tabela 6.8).



### 6.3.2. Smanjenje grešaka

Na osnovu istraživanja u ovoj disertaciji ustanovljeno je da većina DC u Srbiji teži maksimizaciji broja isporuka, koje se nekada realizuju iz neadekvatnih zaliha (roba lošeg kvaliteta, roba sa kratkim rokom isporuke, itd.). Većina menadžera kao glavni cilj postavlja maksimizaciju profita pri čemu mali broj njih razmišlja o zadovoljstvu korisnika i nivou usluge koji u velikoj meri mogu uticati na zahteve zaposlenih. Svest o eliminaciji grešaka koje nastaju u procesu distribucije proizvoda još uvek nije dovoljno razvijena. U tom smislu u nastavku su definisane neophodne korektivne akcije.

***Smanjenje grešaka u skladištu*** – Procesi u skladištima DC na području Srbije u velikoj meri su radno intenzivni sa relativno malim stepenom automatizacije. Sa tim u vezi je i relativno veliki broj grešaka koje nastaju. Rezultati većine modela opisanih u ovoj disertaciji ukazuju na potrebu za eliminacijom grešaka u skladištu. Greške u pojedinim fazama opisane su u nastavku. Prijem robe od snabdevača i kontrola predstavljaju početnu fazu odakle se greške prenose dalje kroz skladišni i transportni sistem sve do krajnjih korisnika. DC kompanija analiziranih u ovoj disertaciji snabdevaju se od strane različitih dobavljača. U tom smislu se često pojavljuju problemi kada snabdevač isporuči robu lošeg kvaliteta i kratkog roka isporuke. Jedan od osnovnih koraka jeste definisanje nivoa kvaliteta i jedinice mere svake pojedinačne robe za svakog snabdevača. Relativno mali broj radnika na prijemu, koji karakteriše analizirane DC, neophodno je povećati ili bolje organizovati. Procedura kvalitativne i kvantitativne kontrole mora se u potpunosti ispoštovati. Tačno definisanim ček listama za svaku grupu proizvoda pojava grešaka može se svesti na minimum.

Tokom istraživanja ustanovljeno je da se procesu uskladištenja pridaje jako mala pažnja. U ovom procesu se pojavljuje mnogo više grešaka nego što većina menadžera, ali i drugih zaposlenih u DC uzimaju u obzir. Osnovni uzrok je to što ovaj proces najčešće realizuju komisionari, kojima ovo nije osnovni posao. Privremeno, ali učestalo „premeštanje“ komisionara iz procesa komisioniranja u velikoj meri utiče na pojavu grešaka i smanjenja nivoa usluga korisnicima.

Komisionari proces uskladištenja robe realizuju sa nedovoljno pažnje, uz pritisak vremena i postavljenih normi u broju komisionih transakcija. Postavljanjem manjeg broja radnika koji bi radili samo ovaj proces greške bi se svele na minimum. Loša organizacija prostora može biti jedan od osnovnih uzroka grešaka u skladištu. Menadžeri u skladištima često teže minimizaciji prostora za komisioniranje. Jedan od glavnih motiva je smanjenje napora komisionara u procesu komisioniranja. Međutim, veliki broj sličnih artikala na veoma malom rastojanju mogu prouzrokovati greške u procesu komisioniranja. Proces komisioniranja kao radno intenzivan proces prati veliki broj grešaka. Bez obzira na to o kom načinu komisioniranja je reč, komisionari moraju pratiti sistem nezavisno od toga da li im u nekom trenutku uputstvo izgleda pogrešno. Ukoliko komisionari ignorišu uputstva sistema i ne obaveštavaju sistem o izuzecima može doći do „anarhije“ u procesu komisioniranja. Fizička oštećenja robe nastaju usled zamora komisionara, ali zavise i od pakovanja i vrste robe. U slučaju analiziranom u ovom poglavlju u cilju unapređenja efikasnosti potrebno je smanjiti greške u procesu obrade porudžbine za 19%.

Kao i proces prijema robe, tako i proces otpreme (pakovanje i utovar) robe neretko realizuju sami komisionari. Teško je očekivati da sopstvene greške nastale u procesu komisioniranja komisionari uoče (isprave) u procesu otpreme. U procesu otpreme neophodno je odrediti zaposlene koji će obavljati samo ovaj proces. Aktivno uključivanje vozača može eliminisati određene greške u procesu otpreme. U konkretnom slučaju proces pakovanja je moguće unaprediti smanjenjem grešaka za 34% (tabela 6.8). Greške se pojavljuju i u procesu ispostavljanja porudžbine. U tom smislu proces prijema porudžbine može unaprediti efikasnost smanjenjem grešaka za 67%.

***Smanjenje grešaka u transportu*** se odnosi na smanjenje gubitaka u novcu, vremenu i korisnicima koji su prouzrokovani krađom, oštećenjem robe, kašnjenjem u isporuci. Jedan deo grešaka u transportu neretko je posledica grešaka u skladištu. Međutim, u pojedinim realnim sistemima bez obzira na mesto uzroka grešaka (skladište), greške se pripisuju transportnom sektoru, odnosno tamo gde su otkrivene. Prevazilaženje grešaka u transportu zahteva pre svega

dobru organizaciju i planiranje procesa transporta. Kašnjenje u isporuci se može prevazići boljom motivacijom i kontrolom kretanja vozila, odnosno rada vozača, kao i dobrim planiranjem ruta i predviđanjem mogućih saobraćajnih zagušenja. Krađe se mogu sprečiti savremenim sistemima za zaštitu tovarnog prostora vozila. Sistemima nagrađivanja i kažnjavanja vozača dodatno se može smanjiti broj grešaka.

Značaj procesa transporta u distributivnim kanalima od velikog je značaja za uspešnu distribuciju proizvoda. U cilju unapređenja efikasnosti ovog procesa neophodno je smanjiti broj grešaka koje se u njemu pojavljuju. U analiziranom primeru neophodno je smanjiti ukupan broj grešaka za 16%, kao što je prikazano u tabeli 6.8. Određeni broj grešaka iz procesa transporta prenosi se u proces istovara. U posmatranom primeru ustanovljeno je da veliki broj grešaka nastaje upravo u procesu istovara i da je efikasnost ovog procesa moguće unaprediti redukcijom grešaka (tabela 6.8).

***Smanjenje grešaka u upravljanju zalihama*** – Greške u upravljanju zalihama veoma su česte u DC trgovinskih kompanija. Usled grešaka u zalihama trgovinske kompanije u SAD-u gube oko 224 milijardi \$ godišnje<sup>27</sup>. Greške u zalihama direktno utiču na otpis robe sa isteklim rokom, što stvara značajne gubitke u posmatranim kompanijama. Greškom u zalihama smatra se i nedostatak robe koju zahteva korisnik. Ovo direktno utiče na zadovoljstvo korisnika i ponovnu kupovinu, što se dalje odražava na prihode kompanije. Istraživanja pokazuju da gubici usled nedostatka zaliha približno iznose 10% ukupnih prihoda kompanije<sup>28</sup>. Krađe su takođe problem koji karakteriše većinu DC. Pomenute greške se mogu prevazići primenom sledećih koraka:

- praćenje stanja zaliha (ulaska/izlaska) u realnom vremenu savremenim informacionim sistemima;
- kontrola procesa upravljanja zalihama i „grešaka na računaru“;
- definisanje prioriteta u isporuci u zavisnosti od roka trajanja;

---

<sup>27</sup> <http://www.qbsales.com/pdf/5CostlyMistakes-Report.pdf>

<sup>28</sup> <http://www.qbsales.com/pdf/5CostlyMistakes-Report.pdf>

- tačno pozicioniranje robe u skladištu isporuka po sistemu FIFO (*First In First Out*);
- tačniju procenu očekivanih količina od dobavljača i očekivanih zahteva korisnika;
- video nadzor predstavlja jedan od osnovnih sistema zaštite od krađe (ovaj sistem nije previše skup, ali ga još uvek nema u svim DC u Srbiji).

Proces upravljanja zalihama može unaprediti efikasnost smanjenjem grešaka u upravljanju zalihama za 14%.

### 6.3.3. Povećanje iskorišćenosti

Iskorišćenost resursa u logistici važan je preduslov unapređenja efikasnosti. U ovom delu detaljnije su razmotrene mogućnosti povećanja prostorne iskorišćenosti skladišnih objekata, povećanje prostorne iskorišćenosti tovarnog prostora vozila i povećanje vremenske iskorišćenosti (angažovanja) vozila.

***Povećanje prostorne iskorišćenosti skladišta*** – Povećanjem iskorišćenosti skladišta postiže se više efekata: smanjuju se troškovi, smanjuje se potreba za proširenjem postojećih objekata i izgradnjom novih objekata. Nizom sledećih koraka se može unaprediti iskorišćenje skladišnog objekta:

- preispitati layout objekta;
- punjače za baterije viljuškara i dodatnu opremu izmestiti iz objekta;
- prazne palete skladištiti izvan objekta;
- izmestiti kancelarijski prostor izvan objekta.

U analiziranom primeru primenom predloženog pristupa ustanovljena je potreba za povećanjem iskorišćenosti skladišnog objekta za 14%.

***Povećanje iskorišćenosti vozila*** – U DC u Srbiji se prati prostorna i vremenska iskorišćenost vozila. Iskorišćenost vozila je uslovljena organizacijom i planiranjem isporuka. Za bolju prostornu iskorišćenost vozila neophodno je vršiti spajanje isporuka, ali i koristiti odgovarajuće programske pakete za bolje slaganje robe u vozilo. U određenim situacijama velike uštede se mogu ostvariti promenom

(smanjenjem) pakovanja. Kimberly-Clark je smanjenjem veličine pakovanja za 12% na godišnjem nivou smanjio broj vožnji za 2100 i povećao iskorišćenje vozila na 96%<sup>29</sup>. Na osnovu rezultata predloženog pristupa ustanovljeno je neophodno povećanje prostorne iskorišćenosti vozila za 16% u cilju povećanja efikasnosti transportnog procesa. Vremenska iskorišćenost vozila se može postići odgovarajućim programima obuke zaposlenih kao i sistemima kontrole i praćenja rada vozila. Uključivanje povratnih vožnji u proces planiranja transporta mogu se u velikoj meri smanjiti ukupni troškovi. Kompanija Kohl je boljom organizacijom povratnih vožnji unapredila povratne tokove za 29%, što je rezultiralo eliminacijom 3.6 miliona milja praznih vožnji<sup>30</sup>. Efikasnost transportnog procesa može se unaprediti povećanjem vremenske iskorišćenosti vozila za 16%.

#### **6.3.4. Povećanje izlaznih veličina**

Promet predstavlja jedan od glavnih pokazatelja u DC trgovinskih kompanija. Kada je reč o prometu prva asocijacija je da je u pitanju novčani pokazatelj. Međutim, u praksi se pod prometom češće podrazumevaju pokazatelji broja realizovanih naloga, isporučenih paleta, obrta zaliha, itd.

Povećanje prometa u DC predstavlja ozbiljan zadatak koji mora realizovati celokupna kompanija. Povećanje prometa zavisi od niza faktora i može se unaprediti sinhronizovanim akcijama svih podsistema. Manji promet često je posledica loše organizacije sistema i nemogućnosti da realizuje isporuke.

U skladu sa prethodno definisanim akcijama između ostalog je neophodno: unaprediti sistem poručivanja i maksimalno iskoristiti resurse kompanije – oprema, zaposleni, itd. Sa druge strane, u cilju postizanja potpunog efekta neophodno je da drugi segmenti kompanije stimulišu prodaju odgovarajućim akcijama (popusti, sniženja, kartice lojalnosti, itd.) koje nisu predmet istraživanja u ovoj disertaciji. Na ovaj način bi se pre svega povećala potražnja korisnika, a

---

<sup>29</sup> <http://logisticsviewpoints.com/2009/07/17/tips-for-improving-fleet-utilization-and-reducing-operating-costs/>

<sup>30</sup> <http://logisticsviewpoints.com/2009/07/17/tips-for-improving-fleet-utilization-and-reducing-operating-costs/>

samim tim i broj realizovanih isporuka, broj prevezenih isporučenih paleta. U tom smislu efikasnost procesa obrade porudžbine može se unaprediti povećanjem broja realizovanih porudžbina za 19%. Proces transporta u cilju unapređenja efikasnosti mora povećati broj prevezenih paleta (prometa) za 16% (tabela 6.8).

Na osnovu svega navedenog može se zaključiti da se efikasnost procesa u distributivnom kanalu može unaprediti odgovarajućim korektivnim akcijama. Nakon primene korektivnih akcija neefikasne jedinice su postale efikasne (tabela 6.8)

# **7. PRIMENA MODELA I TESTIRANJE HIPOTEZA**

Osnovni cilj ovog poglavlja jeste testiranje modela razvijenih u prethodnim delovima na realnim i hipotetičkim numeričkim primerima u cilju ispitivanja primenljivosti. Osnovni razlog jeste očigledna praznina u literaturi koja se odnosi na primenu modela na konkretnim primerima. Na osnovu stanja u literaturi, ali i u konkretnim sistemima osnovne hipoteze rada, postavljene u drugom poglavlju detaljnije su razrađene i testirane, a nakon toga su izvedeni relevantni zaključci. Pre samog testiranja hipoteza važno je napomenuti da rezultati testiranja u ovoj doktorskoj disertaciji ne predstavljaju univerzalne zaključke i ne odnose se na sve realne sisteme. Oni zapravo predstavljaju zaključke u konkretnim slučajevima, koji se uz određene pretpostavke mogu preneti i na druge slične sisteme. Međutim, značaj testiranja hipoteza za druge realne sisteme ogleda se pre svega u predloženoj metodologiji koja se može primeniti u drugim slučajevima.

## **7.1. TESTIRANJE MODELA NA REALNIM PRIMERIMA**

Modeli predloženi u poglavljima pet i šest testirani su na tri realna numerička primera. Prvi primer se odnosi na skladišne procese u hladnjačama, dok se drugi i treći odnose na transportne procese u industriji pića i trgovini.

### **7.1.1. Merenje energetske efikasnosti na primeru hladnjača**

Energetskoj efikasnosti skladišta i DC kao delova lanaca snabdevanja poslednjih godina posvećuje se veća pažnja. Pomenuti sistemi menjaju osnovnu funkciju čuvanja robe. Današnja skladišta koriste savremene informacione sisteme praćenja zaliha, pružaju usluge koje dodaju vrednost (*eng. value-added*), koriste savremene sisteme kontrole kvaliteta, itd. Sa povećanjem asortimana i obima usluga, povećava se i potrošnja energije. Skladišta hladnjače predstavljaju specijalne tipove skladišta koja troše 2.8 puta više energije od konvencionalnih skladišta. Ona istovremeno predstavljaju važne karike i velike potrošače energije u lancima snabdevanja. Jedan od glavnih problema u hladnjačama jeste sezonski karakter proizvoda koji se skladište, pa su varijacije u potrošnji energije tokom godine velike. Više od polovine potrošene energije koristi se za rashlađivanje proizvoda. U situaciji povećanih zahteva za energijom sa jedne strane i povećanja cene energije sa druge strane energetska efikasnost postaje sve važnija. Iz tog razloga praćenje, merenje i unapređenje energetske efikasnosti postaje potreba. Na ovom primeru pokazana je pogodnost primene modela M 6.1. predloženog u ovoj disertaciji. U cilju boljeg razumevanja rezultati su upoređeni sa rezultatima standardnog DEA pristupa (M 4.4). Model merenja energetske efikasnosti testiran na ovom primeru može pomoći menadžerima u proceni energetske efikasnosti i smanjenju potrošnje energije.

Šest ulaznih veličina i dve izlazne veličine su korišćene za procenu efikasnosti 20 hladnjača (Prilog 5). Vrednosti razmatranih parametara su prikazane u tabeli 7.1. Veličina skladišta (zapremina) izražena u m<sup>3</sup> predstavlja bolji pokazatelj od površine skladišta, koji se češće koristi, s obzirom na činjenicu da je reč o



hladnjačama i da je neophodno održavati temperaturu celokupnog objekta. Broj viljuškara predstavlja jedan od osnovnih pokazatelja opreme u skladištu. Njihov uticaj na potrošnju energije je takođe značajan, s obzirom na činjenicu da se u hladnjačama najčešće koriste električni viljuškari. Od stepena iskorišćenosti skladišta u izvesnoj meri zavisiće i potrošnja energije. Potrošnja električne energije predstavlja osnovni pokazatelj neophodan za merenje energetske efikasnosti hladnjača. Imajući u vidu činjenicu da potrošnja električne energije iznosi više od 50% svih troškova u hladnjačama, jasno je da je detaljna analiza ovog ulaza neophodna. Ova veličina je izražena u MWh/godišnje. Troškovi svih ostalih energenata (voda, gorivo, gas, itd.) agregirani su u jednu meru izraženu u novčanim jedinicama.

Sa druge strane predložni model uključuje dve izlazne veličine. Realizovane usluge predstavljaju pružene usluge u skladu sa zahtevima korisnika. Kao pokazatelj kvaliteta funkcionisanja skladišta upotrebljena je veličina koja opisuje stepen kvarenja robe<sup>31</sup>. Kvarenje robe je najčešće prouzrokovano lošim rukovanjem i čuvanjem robe (neodgovarajuća temperatura, pritisak, vlažnost, itd.).

**Tabela 7.1.** Deskriptivna statistika ulaznih i izlaznih veličina skladišta hladnjača

<b>Ulazi/izlazi</b>	<b>Ar. sredina</b>	<b>Stand. greška</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>
Veličina (m <sup>3</sup> )	52.87	24.19	92.72	23.75
Zaposleni (broj)	77.21	27.35	132.69	31.95
Viljuškari (broj)	12.97	4.46	19.87	3.44
Iskorišćenost (%)	69.49	17.35	99.26	44.48
Potrošnja električne energije (MWh/god.)	4056.63	891.02	5078.87	2357.02
Ostali energetski troškovi (m.u.)	27.32	10.03	48.01	11.73
Realizovane usluge (obim isporuke) (10 <sup>3</sup> )	499.13	208.50	997.13	215.69
Stepen pokvarenosti robe (%)	9.20	5.73	19.37	0.97

Detaljnijom analizom posmatranih DMU može se zaključiti da se primenom predloženog modela dobijaju znatno bolji rezultati (tabela 7.2). Diskriminaciona moć predloženog modela daleko je veća od diskriminacione moći standardnog DEA modela, koja se u literaturi definiše kroz broj efikasnih jedinca, prosečnu efikasnost i standardno odstupanja. Prosečna efikasnost dobijena primenom

<sup>31</sup> S obzirom na negativnu orijentaciju ove promenljive (manje vrednosti su poželjnije) u proračunu je izvršena transformacija vrednosti.

predloženog modela iznosi 80% i manja je za 10% u odnosu na standardni pristup, pri čemu je broj efikasnih jedinca osam, nasuprot jedanaest efikasnih dobijenih primenom standardnog pristupa.

**Tabela 7.2.** Rezultujuće efikasnosti hladnjača

<b>DMU</b>	<b>Standardni DEA</b>	<b>PCA - DEA</b>
DMU 1	0.53	0.42
DMU 2	1.00	1.00
DMU 3	1.00	1.00
DMU 4	0.96	0.61
DMU 5	1.00	1.00
DMU 6	1.00	1.00
DMU 7	0.88	0.61
DMU 8	1.00	1.00
DMU 9	1.00	1.00
DMU 10	1.00	0.91
DMU 11	1.00	0.71
DMU 12	1.00	1.00
DMU 13	0.62	0.40
DMU 14	0.94	0.93
DMU 15	1.00	1.00
DMU 16	0.86	0.80
DMU 17	0.94	0.92
DMU 18	0.60	0.47
DMU 19	1.00	0.85
DMU 20	0.76	0.50
<i>Prosečna efikasnost</i>	<i>0.90</i>	<i>0.80</i>
<i>Standardna greška</i>	<i>0.15</i>	<i>0.22</i>
<i>Broj efikasnih</i>	<i>11 (55%)</i>	<i>8 (40%)</i>

S obzirom na to da funkcionisanje hladnjača karakteriše izvestan stepen neefikasnosti koji je posledica veličine objekata i spoljnih faktora, mogu se predložiti sledeće mere. Pre svega jedna od osnovnih mera jeste poboljšanje izolacije objekta, s obzirom na to da se u ovim sistemima pojavljuju veliki gubici usled loše izolacije objekta. Sledeći bitan element koji još uvek ne karakteriše hladnjače u Srbiji jeste instalacija „brzo delujućih vrata“, odnosno senzorski vođena vrata sa minimalnim gubitkom energije u prijemu i otpremi. Pravilno održavanje i rukovanje opremom još jedan je od načina unapređenja efikasnosti skladišta hladnjača. Rast cene energije i sve veći zahtevi za energijom osnovni su motivi za optimizaciju potrošnje energije u cilju postizanja konkurentnosti na tržištu. Osnovni motiv menadžmenta kompanije je maksimizacija profita uz

minimizaciju troškova. U tom smislu postojanje ovakvog pristupa u velikoj meri može im pomoći u procesu ostvarivanja postavljenog cilja.

Rezultati primene modela razvijenog u ovoj disertaciji dokazuju mogućnost njegove primene na različitim logističkim sistemima. Predloženi model predstavlja jednu vrstu alata za pomoć menadžmentu u procesu odlučivanja. S obzirom na to da predloženi model ne zahteva nikakve dodatne subjektivne procene težinskih koeficijenata, može se elegantno sprovesti.

### **7.1.2. Merenje efikasnosti transportnih procesa u industriji pića**

U istraživanju sprovedenom u ovoj disertaciji došlo se do zaključka da bez obzira na velike sličnosti u logističkim sistemima koji posluju u Srbiji postoje i izvesne razlike u funkcionisanju i organizaciji transportnih procesa. U ovom delu su analizirani transportni procesi kompanije koja se bavi proizvodnjom i distribucijom pića. Skup pokazatelja koje posmatrana kompanija prati prikazan je u tabeli 7.3, kao i priložima 6 i 7.

U konkretnom slučaju pokazatelji su grupisani u tri kategorije. Prvu grupu čine izvršni pokazatelji u koju spada više različitih pokazatelja o broju vozila kao i pokazatelji o izvršenom radu (prevezena količina, pređena rastojanja, vreme rada, itd). Drugu grupu čine finansijski pokazatelji: budžet kojim kompanija raspolaže, troškovi, kao i niz izvedenih „*single ratio*“ pokazatelja koji se tiču troškova po jedinici pređenog rastojanja, odnosno prevezene količine. Poslednju grupu čine pokazatelji kojima menadžment pridaje najveću pažnju. Posmatrana grupa odnosi se na performanse produktivnosti. Ovo zapravo predstavlja pravu sliku realnih sistema i pogrešnog razumevanja pojmova produktivnost i efikasnost. Reprezentativni pokazatelji ove grupe su prosečno vreme u ruti, prosečna dužina rute, prostorna iskorišćenost vozila. Važno je napomenuti da se u tabeli 7.3. pojavljuje i jedan od pokazatelja koji karakteriše kompanije koje se bave distribucijom pića. Naime „*drop size*“ pokazatelj se odnosi na prosečan istovar u isporuci i izražen je u hektolitrima (hl). Kao i u distribuciji proizvoda široke

potrošnje i u ovom delu se isporuke organizuju tako da vozilo u jednoj turi realizuje veći broj istovara (isporuka).

**Tabela 7.3.** Pokazatelji transportnih procesa kompanija za proizvodnju i distribuciju pića

Tip	Indikator	U/I <sup>a</sup>	Ar. sredina	St. greška
Operativni pokazatelji	Broja vozila	U	15.65	4.55
	Broj vozila u upotrebi	U	14.69	4.13
	Broj vozila korišćenih za isporuku	U	294.65	142.81
	Obim isporuke (hl)	I	11125.98	5588.86
	Broj otpremljenih proizvoda	I	109361.56	56833.84
	Transportovana količina (t)	I	1769.43	915.97
	Prosečan kapacitet vozila (t)	U	6.61	0.33
	Ukupno vreme rada kamiona (h)	U	1360.92	644.99
	Ukupno rastojanje (km)	I	34627.42	13321.48
	Finansijski	Budžet (n.j.)	U	2488656.35
Potrošeno (n.j.)		U	2162967.14	785783.40
Koeficijent iskorišćenja budžeta (%)		U	1.19	0.19
Trošak/proizvod (n.j./proizvod)		U	21.58	6.24
Trošak/km (n.j./km)		U	64.83	15.49
Trošak/hl/km (n.j./hl/km)		U	0.01	0.01
Trošak/proizvodu/km (n.j./proizvod/km)		U	0.00	0.00
Pokazatelji produktivnosti	Prosečno vreme u ruti (h)	U	4.65	0.62
	Prosečna dužina rute (km)	U	121.87	18.13
	Prosečna broj proizvoda u isporuci	U	368.90	41.49
	Prosečna težina tereta (t)	U	5.96	0.63
	Prostorna iskorišćenost vozila (%)	I	90.33	10.10
	Prosečan istovar (drop size) (hl)	U	37.77	4.04

<sup>a</sup>U-Ulaz;I-Izlaz;

S obzirom na veliki broj pokazatelja (17 ulaza i 4 izlaza) standardni DEA model se ne može primeniti. U ovom delu je korišćen model M 5.1. Usled vremenskih promena efikasnost je praćena u periodu od 12 meseci, pri čemu svaki vozni park u određenom vremenskom periodu predstavlja zasebnu DMU, tako da je merena efikasnost 72 DMU (Cullinane i ostali, 2005). U tabeli 7.4. su dati rezultati analize glavnih komponenti na 17 ulaznih veličina i 4 izlazne veličine. Od 17 ulaznih promenljivih izdvojeno je ukupno četiri glavne komponente koje objašnjavaju ukupno 87.05% ukupne varijanse. U prvoj komponenti koja sadrži najveći deo varijanse (43.67%), najveći značaj imaju pokazatelji vozila (broj vozila, broj vozila u upotrebi, broj korišćenih vozila) i finansijski pokazatelji budžeta i ukupnih troškova.

**Tabela 7.4.** Rezultati analize glavnih komponenti (korelacija promenljivih i PC)

<i>Ulazi</i>	<i>PC 1</i>	<i>PC 2</i>	<i>PC 3</i>	<i>PC 4</i>
Broj vozila	0.975	-0.064	-0.073	-0.115
Broj vozila u upotrebi	0.967	-0.113	-0.062	-0.132
Broj vozila korišćenih za isporuku	0.871	-0.340	0.054	-0.168
Prosečan kapacitet vozila (t)	-0.362	0.173	0.042	0.898
Ukupno vreme rada kamiona (h)	0.877	-0.331	0.068	-0.191
Budžet (n.j.)	0.983	-0.053	-0.010	-0.127
Potrošeno (n.j.)	0.933	-0.35	0.024	-0.075
Koeficijent iskorišćenja budžeta (%)	-0.313	-0.023	0.023	-0.140
Trošak/proizvod (n.j./proizvod)	-0.136	0.797	-0.382	0.237
Trošak/km (n.j./km)	0.068	0.958	-0.113	-0.071
Trošak/hl/km (n.j./hl/km)	-0.447	0.823	-0.200	0.075
Trošak/proizvodu/km (n.j./proizvod/km)	-0.451	0.819	-0.202	0.077
Prosečno vreme u ruti (h)	0.021	0.080	0.119	-0.046
Prosečna dužina rute (km)	-0.422	-0.191	0.092	0.571
Prosečna broj proizvoda u isporuci	-0.002	-0.215	0.943	-0.014
Prosečna težina tereta (t)	0.090	-0.121	0.953	0.075
Prosečan istovar (drop size) (hl)	-0.133	-0.194	0.956	0.006
<i>Ukupna varijansa</i>	<i>43.67</i>	<i>66.22</i>	<i>77.72</i>	<i>87.05</i>
<i>Izlazi</i>	<i>PC 1</i>			
Obim isporuke (hl)	0.993			
Broj otpremljenih proizvoda	0.991			
Transportovana količina (t)	0.993			
Ukupno rastojanje (km)	0.940			
Prostorna iskorišćenost vozila (%)	0.574			
<i>Ukupna varijansa</i>	<i>83.33</i>			

U drugoj komponenti koja objašnjava 23% varijanse najveći značaj imaju izvedeni pokazatelji vezani za troškove (trošak/proizvod, trošak/hl/km, trošak/proizvodu/km). Prosečan broj proizvoda u isporuci, prosečna težina tereta, prosečan istovar od najvećeg su značaja za treću ulaznu komponentu. Za četvrtu, ujedno i poslednju ulaznu komponentu, najveći značaj ima kapacitet vozila i prosečna dužina rute.

Sa druge strane, od pet izlaznih promenljivih izdvojena je jedna glavna komponenta koja objašnjava 83.33% ukupne varijanse. Gotovo sve promenljive, osim iskorišćenosti vozila, podjednako učestvuju u formiranju ove komponente. Pet izdvojenih komponenti korišćeno je za procenu efikasnosti posmatranih transportnih procesa. Rezultujuće efikasnosti su prikazane u tabeli 7.5.

**Tabela 7.5.** Rezultujuće efikasnosti transportnih procesa kompanija za proizvodnju i distribuciju pića

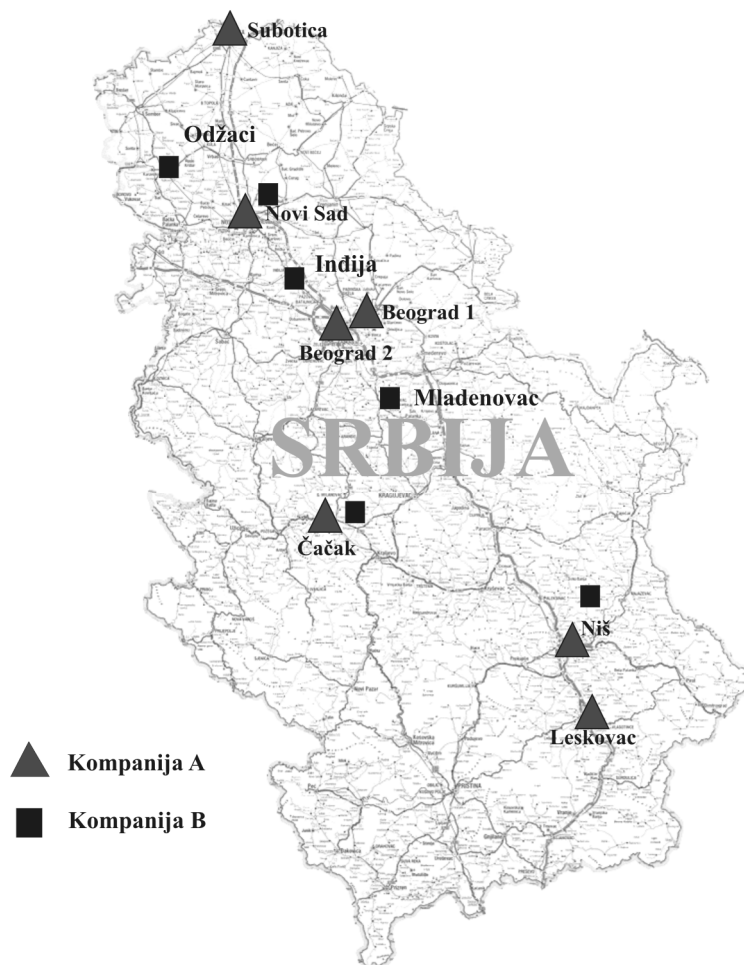
	Prosek	St.greška	Efikasno	Neefikasno
Standardni BCC DEA model	0.9999	0.0001	69 (95.83%)	3 (4.17%)
PCA – DEA model	0.52	0.16	1 (1.3%)	71 (98.7%)

Rezultati u ovoj tabeli pokazuju da se standardni DEA modeli često ne mogu uspešno primeniti na realnim problemima. Sa druge strane primena PCA-DEA pristupa predloženog u ovoj disertaciji daje izuzetno dobre rezultate. Diskriminaciona moć modela je velika s obzirom na to da je prosečna efikasnost 0.52 pri čemu se samo jedna jedinica može smatrati potpuno efikasnom. Za skup posmatranih transportnih procesa može se reći da je prosečna neefikasnost 48%, što dalje znači da posmatrani centri u proseku moraju proporcionalno povećati izlaze za 48% uz zadržavanje postojećeg nivoa ulaza.

U posmatranom skupu jedina efikasna jedinica je DMU 19 (Prilog 8) koja ujedno predstavlja referentnu jedinicu za sve neefikasne jedinice u posmatranom skupu. Sa druge strane neefikasne jedinice u zavisnosti od nivoa neefikasnosti moraju povećati izlazne veličine. Tako, na primer, DMU 50 čiji nivo neefikasnosti iznosi 40% mora povećati izlaze proporcionalno za 60% (Prilog 8). Na isti način se mogu definisati korektivne akcije ostalih jedinica odlučivanja. U konkretnom primeru je uočeno da se predloženim modelima, koji su bazirani na PCA-DEA pristupu, mogu prevazići nedostaci standardnog DEA pristupa.

### **7.1.3. Merenje efikasnosti transportnih procesa u trgovini**

U ovom primeru je analizirana efikasnost transportnih procesa voznih parkova dve trgovinske kompanije koje posluju na području Srbije i to sedam voznih parkova kompanije A i šest voznih parkova kompanije B. Posmatrane kompanije imaju sličnu prodajnu mrežu i distributivni sistem (Andrejić i ostali, 2012). Efikasno funkcionisanje transportnih procesa od ključnog je značaja za distribuciju proizvoda. Svaki DC poseduje sopstvene vozne parkove koji u konkretnom slučaju predstavljaju zasebnu DMU. Vozila imaju slične kapacitete i sistem funkcionisanja. Prostorni raspored posmatranih centara prikazan je na slici 7.1.



*Slika 7.1. Prostorni raspored distributivnih centara*

Problem izbora pokazatelja prisutan je i u ovom primeru. Usled ograničenja u dostupnosti podataka<sup>32</sup> u ovom slučaju su korišćene tri ulazne i tri izlazne veličine. Za ulazne veličine korišćen je broj vozila, troškovi goriva i ukupno vreme rada, a za izlazne pređeno rastojanje, prevezene tone i prostorna iskorišćenost vozila. U razgovoru sa menadžerima ustanovljeno je da se pomenute veličine najčešće prate u realnim sistemima, ali najčešće parcijalno bez formiranja agregirane mere. Broj dostavnih vozila opisuje veličinu flote i jedan je od osnovnih pokazatelja. Troškovi goriva predstavljaju pokazatelj potrošnje energije izražen u novčanim jedinicama. Vremenski pokazatelji, u konkretnom slučaju odnose se na vreme rada vozila i predstavljaju važnu komponentu u funkcionisanju transportnih procesa. Pređeno rastojanje i prevezene količine kao izlazne veličine osnovni su operativni

<sup>32</sup> U analiziranim kompanijama, od većeg broja potencijalnih pokazatelja, kompanije su posedovale potpune izveštaje samo za navedenih šest.

pokazatelji transportnih procesa. Značaj pokazatelja iskorišćenja prepoznat je u literaturi i praksi. Iz tog razloga je za poslednju izlaznu veličinu upotrebljen pokazatelj prostorne iskorišćenosti vozila. Numeričke vrednosti za reprezentativni mesec 2011. godine prikazane su u tabeli 7.6.

**Tabela 7.6.** *Ulazne i izlazne veličine za merenje efikasnosti transportnih procesa*

<i>DMU</i>	<i>Broj vozila</i>	<i>Troškovi goriva (10<sup>3</sup> n.j.)</i>	<i>Vreme angažovanja vozila (h)</i>	<i>Pređeno rastojanje (km)</i>	<i>Transportovana količina (t)</i>	<i>Iskorišćenost vozila (%)</i>
DMU1	29	2370.07	6500	114122	5994686	86.10
DMU2	15	590.18	2647	32795	917034	87.04
DMU3	37	5142.88	10771	226242	19279019	81.17
DMU4	21	3837.26	7142	159893	7474618	98.14
DMU5	18	1098.17	3776	53641	1326588	98.71
DMU6	24	3308.41	6079	153413	3988841	99.82
DMU7	12	1057.71	3133	61369	1192797	89.93
DMU8	12	1951.62	1052	27248	1369	94.92
DMU9	22	3492.53	2462	54769	3423	98.14
DMU10	16	2320.57	1525	38813	1721	85.71
DMU11	9	1001.68	669	17989	889	90.08
DMU12	16	2306.46	1519	35612	1881	93.48
DMU13	13	1904.92	939	33334	1334	79.66
<i>Prosek</i>	<i>18.77</i>	<i>2337.11</i>	<i>3708.77</i>	<i>77633.85</i>	<i>3091092.31</i>	<i>90.99</i>
<i>St. dev.</i>	<i>7.80</i>	<i>1314.85</i>	<i>3049.91</i>	<i>64955.08</i>	<i>5471198.10</i>	<i>6.80</i>

U prvom delu je primenjen standardni CCR DEA pristup. Nakon toga je primenjen i pristup predložen u poglavlju 5.1. Rezultati ovih pristupa dati su u tabeli 7.7. Prosečna efikasnost prema CCR DEA modelu iznosi 0.93 pri čemu je 53% transportnih procesa efikasno. U poređenju sa tim model, M 6.1. ima znatno veću diskriminacionu moć, s obzirom da je oko 38% transportnih procesa efikasno sa prosečnom vrednošću od 0.85. Ova činjenica ukazuje na to da standardni pristup u konkretnom slučaju ne daje najbolje rezultate, pa će u nastavku biti razmatran predloženi model.



**Tabela 7.7.** Efikasnost transportnih procesa trgovačkih kompanija

DMU	Kompanija	CCR DEA model	PCA-DEA model	Benčmarkovi
DMU1	A	0.96	0.85	DMU7-0.69,DMU3-0.29
DMU2	A	1.00	1.00	<b>1</b>
DMU3	A	1.00	1.00	<b>2</b>
DMU4	A	1.00	1.00	<b>5</b>
DMU5	A	0.87	0.85	DMU7-0.65,DMU2 -0.46
DMU6	A	1.00	0.88	DMU11-0.71,DMU3-0.41,DMU7-0.05
DMU7	A	1.00	1.00	<b>3</b>
DMU8	B	0.92	0.84	DMU11-1.01,DMU4-0.04
DMU9	B	0.74	0.57	DMU11-0.92,DMU4-0.16
DMU10	B	0.82	0.66	DMU11-0.85,DMU4-0.09
DMU11	B	1.00	1.00	<b>6</b>
DMU12	B	0.79	0.67	DMU11-0.96,DMU4-0.08
DMU13	B	1.00	0.77	DMU11-0.80,DMU4-0.08
<i>Prosek</i>		<i>0.93</i>	<i>0.85</i>	
<i>St. dev.</i>		<i>0.09</i>	<i>0.15</i>	
<i>Broj efikasnih (%)</i>		<i>53.85%</i>	<i>38.46%</i>	

Posmatrani transportni procesi se mogu podeliti u dve grupe. U grupu efikasnih spada pet DMU, dok ostalih osam čini grupu neefikasnih. Imajući u vidu orijentaciju modela kao i rezultujuće efikasnosti mogu se definisati odgovarajuće korektivne akcije. Tako DMU 1 može unaprediti svoje poslovanje smanjenjem ulaza za 15%. Ovo znači da ovaj transportni proces može realizovati isti nivo izlaza za četiri vozila manje – 340 hiljada novčanih jedinica manje u potrošnji goriva i 975 radnih časova manje. Poslednja kolona u tabeli 7.7. prikazuje benčmarkove (referentne jedinice) za neefikasne DMU. Za posmatranu DMU 1 referentne su jedinice DMU 7 i DMU 3. Odgovarajući koeficijenti pomenutih jedinica se razlikuju. Za prvu flotu DMU 7 (težinski koeficijent 0.69) značajnija je od DMU 3 (težinski koeficijent 0.29). Najmanje efikasna flota je DMU 9. Ova flota je svega 57% efikasna. U cilju postizanja efikasnosti ova flota mora redukovati broj vozila za 9, troškove goriva za 1.5 miliona novčanih jedinica, a vreme rada za 1157h. Referentne flote za ovu jedinicu su DMU 11, DMU 4 sa odgovarajućim težinskim koeficijentima 0.92 i 0.16. Ostale neefikasne jedinice mogu unaprediti efikasnost na isti način. U grupi efikasnih jedinica izdvaja se DMU 11. Ova jedinica se pojavljuje kao referentna flota za čak 6 neefikasnih. To praktično znači da ova jedinica predstavlja neku vrstu benčmarka neefikasnim jedinicama. Odmah nakon nje je DMU 4 koja je referentna za čak pet neefikasnih jedinica. DMU 7, DMU 3 i

DMU 2 su takođe referentne jedinice za tri, dve i jednu neefikasnu flotu respektivno. Detaljnije informacije o načinu sprovođenja pomenutih akcija objašnjene su u celinama 5.3.2 i 5.3.4. Na osnovu rezultata opisanog primera može se zaključiti da predloženi model pruža validne informacije koje mogu pomoći menadžerima u donošenju i sprovođenju odgovarajućih organizacionih promena.

## **7.2. TESTIRANJE HIPOTEZA**

Hipoteze postavljene na početku istraživanja u ovom delu su detaljno analizirane i testirane. Od pet početnih hipoteza u ovom delu je postavljeno i testirano petnaest pothipoteza.

### **H1: Efikasnost predstavlja važan pokazatelj funkcionisanja kompanije**

Značaj efikasnosti evidentan je u literaturi, ali i praksi. Upravo to predstavlja jedan od glavnih motiva za izbor predmeta istraživanja u ovoj disertaciji. Pretpostavljeno je da efikasnost ima pozitivan uticaj na niz drugih važnih pokazatelja funkcionisanja kompanije poput prometa, boljeg korišćenja resursa, potrošnje energije, smanjenja grešaka, itd. Sa tim u vezi u okviru prve hipoteze definisane su četiri pothipoteze. Za potrebe testiranja ove hipoteze korišćena su tri numerička primera. Prvi primer detaljnije je opisan u poglavlju 5.1, drugi primer se odnosi na merenje efikasnosti skladišta hladnjača (poglavljje 7.1.1), dok se treći primer odnosi na merenje efikasnosti transportnih procesa u industriji pića (poglavljje 7.1.2)

#### ***H1a: Efikasnost ima pozitivan uticaj na obim poslovanja kompanije***

Jedan od osnovnih ciljeva svakog distributivnog sistema je što veći obim poslovanja, odnosno što veći broj realizovanih usluga ili prodatih proizvoda. Od obima realizovanih usluga i otpreme robe zavisi i profit kompanije. Broj realizovanih usluga predstavlja rezultat funkcionisanja DC kao celine sa svojim transportnim i skladišnim podsistemom. U ovoj disertaciji je ispitana zavisnost efikasnosti i broja realizovanih usluga.

U prvom primeru je ispitana zavisnost (korelacija) rezultujućih efikasnosti dobijenih primenom QUALITYLOG modela (Prilog 3) i obima realizovanih usluga. U drugom primeru testirana je veza efikasnosti transportnih procesa u industriji pića i obima isporuke.

**Tabela 7.8.** Rezultati testiranja hipoteze H1a

<i>H1a</i>							
Pearson		Spearman		Pearson		Spearman	
<i>Broj realizovanih usluga i efikasnost</i>				<i>Obim isporuke i efikasnost</i>			
Correlation	0.604	Correlation	0.598	Correlation	0.993	Correlation	0.990
Sig. (2-tailed)	0.000	Sig. (2-tailed)	0.000	Sig. (2-tailed)	0.000	Sig. (2-tailed)	0.000

Na osnovu rezultata hipoteze H1a prikazanih u tabeli 7.8 ustanovljena je zavisnost broja realizovanih isporuka i rezultujućih efikasnosti. Pearsonov i Spearmanov koeficijent korelacije imaju vrednosti 0.604 i 0.598 (uz stepen poverenja  $p=0.01$ ) respektivno, što navodi na zaključak o pozitivnoj vezi posmatranih veličina. Rezultati drugog primera takođe ukazuju na nedvosmislenu vezu efikasnosti i obima isporuke. Na osnovu iznetih činjenica može se zaključiti da je hipoteza H1a dokazana.

**H1b: Efikasnost ima pozitivan uticaj na uslugu isporučenu korisnicima**

U ovoj hipotezi se pošlo od grešaka kao osnovnog pokazatelja kvaliteta realizovanih usluga. Kao i u prethodnoj pohipotezi i ovde je ispitana zavisnost između obima grešaka i efikasnosti. Za potrebe testiranja korišćena su dva različita realna primera. U prvom je ispitana zavisnost između efikasnosti dobijenih primenom QUALITYLOG modela i grešaka u skladištu, transportu i upravljanju zalihama (Prilog 3). Drugi primer ispituje zavisnost efikasnosti skladišta hladnjača i stepena pokvarenosti robe (tabela 7.9).

**Tabela 7.9.** Rezultati testiranja hipoteze H1b

<i>H1b</i>							
Pearson		Spearman		Pearson		Spearman	
<i>Broj grešaka u skladištu</i>				<i>Greške u upravljanju zalihama</i>			
Correlation	-0.112	Correlation	0.008	Correlation	-0.240	Correlation	-0.312
Sig. (2-tailed)	0.911	Sig. (2-tailed)	0.945	Sig. (2-tailed)	0.028	Sig. (2-tailed)	0.004
<i>Broj grešaka u transportu</i>				<i>Stepen pokvarenosti robe</i>			
Correlation	0.118	Correlation	0.062	Correlation	-0.782	Correlation	-0.756
Sig. (2-tailed)	0.287	Sig. (2-tailed)	0.574	Sig. (2-tailed)	0.000	Sig. (2-tailed)	0.000

Analizom rezultata prikazanih u prethodnoj tabeli lako se uočavaju negativne vrednosti koeficijenata korelacije. Negativne vrednosti ukazuju da efikasniji sistemi prave manje grešaka. Na osnovu prvog primera dokazana je negativna korelacija između efikasnosti i grešaka u upravljanju zalihama. Rezultati drugog primera takođe ukazuju na postojanje negativne zavisnosti efikasnosti i stepen pokvarenosti robe u skladištima hladnjačama. Stoga, pokvarenost robe u ovim skladištima najčešće je posledica lošeg upravljanja temperaturom, pritiskom, vlažnošću vazduha, ali i lošeg upravljanja zalihama. Na osnovu opisanih primera i rezultata hipoteza može se izvesti zaključak da efikasni logistički sistemi stvaraju manje gubitaka prouzrokovanih greškama u upravljanju zalihama i skladištenju proizvoda.

### ***H1c: Efikasni logistički sistemi bolje koriste resurse***

U cilju testiranja ove hipoteze korišćena su dva pokazatelja iz različitih grupa koje koristi trgovačka kompanija opisana u poglavlju 5.1. U prvom delu je testirana hipoteza o zavisnosti prostorne iskorišćenosti skladišta i efikasnosti dobijene primenom UTILOG, dok je u drugom delu ispitana zavisnost prekovremenih sati u transportu i rezultujućih efikasnosti. Prvi pokazatelj pripada grupi pokazatelja iskorišćenja skladišta, dok je drugi vremenski pokazatelj funkcionisanja transportnog podsistema. Rezultati testiranja prikazani su u tabeli 7.10.

**Tabela 7.10.** Rezultati testiranja hipoteza H1c i H1d

<i>H1c</i>				<i>H1d</i>			
Pearson		Spearman		Pearson		Spearman	
<i>Prostorna iskorišćenost skladišta</i>				<i>Trošak/km</i>			
Correlation	0.347	Correlation	-0.221	Correlation	-0.581	Correlation	-0.317
Sig. (2-tailed)	0.001	Sig. (2-tailed)	0.043	Sig. (2-tailed)	0.000	Sig. (2-tailed)	0.000
<i>Prekovremeni sati u transportu</i>				<i>Trošak/proizvodu</i>			
Correlation	0.361	Correlation	-0.306	Correlation	-0.582	Correlation	-0.281
Sig. (2-tailed)	0.001	Sig. (2-tailed)	0.005	Sig. (2-tailed)	0.000	Sig. (2-tailed)	0.17

Na osnovu rezultata u tabeli 7.10 očigledno je da postoji pozitivna veza između efikasnosti i prostorne iskorišćenosti skladišta. Naime, efikasniji sistemi bolje koriste skladišni prostor. Ovaj zaključak potvrđuju oba testa sa stepenom poverenja  $p=0.01$ . Drugi zaključak koji se može izvesti odnosi se na činjenicu da je ustanovljena negativna korelacija između efikasnosti i prekovremenih sati u

transportu. Pomenutu vezu potvrđuju kako Pearsonov, tako Spearmanov test uz stepen poverenja  $p=0.01$ . To dalje znači da efikasni DC funkcionišu sa minimalnim brojem ili bez dodatnih radnih časova u transportu. Na osnovu svega navedenog može se tvrditi da efikasnost ima pozitivan uticaj na korišćenje resursa kako u transportu, tako i u skladištu, odnosno da je hipoteza H1c potvrđena.

### ***H1d: Efikasnost ima pozitivan uticaj na potrošnju energije***

Energija predstavlja jedan od najznačajnijih resursa u logistici. Pretpostavljeno je da efikasnost ima pozitivan uticaj na potrošnju energije. Hipoteza je testirana na slučaju transportnih procesa za distribuciju pića. Negativne vrednosti koeficijenta korelacije (tabela 7.10) navode na zaključak da efikasni logistički sistemi za isti nivo izlaza koriste manje energije. Uz stepen poverenja od 0.01 statistički testovi potvrđuju pretpostavku o negativnoj relaciji ovih veličina. Hipoteza H1d je na ovaj način dokazana.

## **H2: Postojeći pristupi merenja efikasnosti u literaturi i praksi podvrgnuti su raznim ograničenjima**

Praćenje efikasnosti predstavlja kompleksan, ali ujedno i težak zadatak za svaku kompaniju. Ovaj problem je prisutan kako u literaturi tako i u praksi. Iz tog razloga su postavljene dve pothipoteze. Prva se odnosi na praćenje efikasnosti u literaturi, dok se druga odnosi na praćenje efikasnosti u realnim sistemima.

### ***H2a: Modeli za merenje efikasnosti prisutni u literaturi ne mogu se primeniti u potpunosti u praksi***

U ovoj disertaciji detaljnije su opisani značajniji modeli merenja i unapređenja efikasnosti logističkih kanala, sistema i procesa. U skladu sa stanjem u literaturi izneta su sledeća zapažanja:

- većina modela bazirana je na DEA metodi koja sama po sebi poseduje određene nedostatke;
- diskriminaciona moć DEA modela na primerima sa većim brojem promenljivih opada;

- modeli su najčešće teorijski razvijeni bez primene na konkretnim primerima;
- u procesu primene modela na konkretnim primerima pojavljuju se više problema.

U nastavku su upoređeni rezultati različitih modela merenja efikasnosti u cilju ispitivanja postavljene hipoteze. U primeru opisanom u poglavlju 5.3. na realnom primeru je rešavan problem merenja efikasnosti. Primena najčešće korišćenog pristupa u literaturi, standardnog DEA pristupa, u slučaju 84 DMU i 33 indikatora, pokazala se kao neuspešna. Prema ovom pristupu gotovo sve jedinice odlučivanja su efikasne (99%).

Sa druge strane modeli razvijeni u ovoj disertaciji (QUALITYLOG, OPERLOG, UTILOG) daju bolje rezultate. Diskriminaciona moć ovih modela je znatno veća od standardnog pristupa, kao što je prikazano u tabeli 5.3. QUALITYLOG model ima najmanju prosečnu efikasnost (0.82), sa svega 21% efikasnih jedinica i najvećim standardnim odstupanjem 0.12. Na osnovu rezultata modela testiranog u 7.1.1. i 7.1.2. mogu se izvesti slični zaključci. Primena standardnog DEA pristupa kao najčešće korišćenog za merenje efikasnosti 20 skladišta hladnjača ima znatno manju diskriminacionu moć u odnosu na predloženi model, kao što je prikazano u tabeli 7.2.

Kao što je ranije spomenuto ovo dokazuju vrednosti aritmetičke sredine (0.80), standardne greške (0.22) i broja efikasnih jedinica (40%). Pomenute zaključke potvrđuju testiranja modela za merenje efikasnosti transportnih procesa kompanija za proizvodnju i distribuciju pića. Standardni pristup se u konkretnom slučaju nije mogao primeniti. Rezultati prikazani u tabeli 7.5. pokazuju da je prosečna efikasnost transportnih procesa primenom predloženog pristupa 0.52, pri čemu se svega jedna jedinica može smatrati potpuno efikasnom.

## ***H2b: Menadžeri distributivnih centara logističkih sistema u Srbiji ne prate efikasnost na pravi način***

Na osnovu istraživanja sprovedenog u okviru ove disertacije mogu se izneti određeni zaključci:

- u realnim sistemima se prate „*single ratio*“ pokazatelji, u literaturi poznatiji kao parcijalni pokazatelji produktivnosti;
- sa strane resursa najveća pažnja se posvećuje troškovima (fiksni i varijabilni), odnosno na izlaznoj strani profita, dobiti, prometu, itd. (pomenute veličine se uvek posmatraju zasebno bez uspostavljanja međusobnih veza);
- osim finansijskih pokazatelja u pojedinim DC u Srbiji fokus je na operativnim pokazateljima (pređeni km, prevezene palete, prevezene t, broj isporuka), ali i faktorima iskorišćenja (prostorna i vremenska iskorišćenost vozila, prostorna iskorišćenost skladišta), dok se pokazateljima grešaka ne pridaje poseban značaj;
- sam pojam efikasnost poistovećuje se sa pojmom parcijalna produktivnost (na primer, efikasnost rada vozila definišu kao potrošnju goriva/angažovanost zaposlenih<sup>33</sup> ili efikasnost rada komisionara definišu kao broj komisionih transakcija/komisionaru);
- u okviru izveštaja koje kompanije u Srbiji prate, najčešće se rade jednostavne matematičke operacije (najčešće u Excelu), bez primene adekvatnih računskih programa i kompleksnih funkcionalnih i numeričkih transformacija što dodatno otežava dobijanje prave slike o funkcionisanju sistema i donošenja odgovarajućih odluka.

Na osnovu iznetih zaključaka, uvida u izveštaje, kao i razgovora sa menadžerima i drugim zaposlenima, može se potvrditi hipoteza da se u logističkim sistemima (koji posluju na području Srbije, ali i drugim sistemima koji su istraženi u ovoj disertaciji) efikasnost ne prati uopšte ili se prati na neprihvatljiv način. Ovim pristupom hipoteza H2a je potvrđena.

---

<sup>33</sup> Full time equivalent se odnosi na opterećenost zaposlenih u radnom procesu.

### **H3: Postoje razlike u efikasnosti podsistema, procesa i aktivnosti u okviru jednog logističkog sistema**

Kompleksnu strukturu logističkih sistema karakterišu međusobno povezani podsistemi, procesi i aktivnosti. U DC na području Srbije najčešće se izdvajaju dva podsistema: skladišni i transportni. U ovoj disertaciji je generisana pretpostavka o razlikama u efikasnosti podsistema u okviru istog sistema, kao i razlika u efikasnosti sistema i podsistema. U okviru glavne hipoteze postavljeno je i testirano nekoliko pothipoteza. Primer korišćen u ovom delu rezultat je simulacije<sup>34</sup>. Rezultujuće efikasnosti dobijene primenom modela M 6.1 opisanog u poglavlju 6 korišćene su za testiranje postavljene hipoteze (Prilog 9 i Prilog 10). Za potrebe testiranja H3 korišćeni su neparametarski statistički testovi, s obzirom na to da rezultujuće efikasnosti nisu normalno raspodeljene. Korišćeni su Mann – Whitney i Kolmogorov – Smirnof test (Banaszewska i ostali, 2012).

#### ***H3a: Efikasnost transportnih i skladišnih sistema u okviru DC nisu iste***

Posledica izvesne autonomnosti i internih ciljeva svakog podsistema navodi na postavljanje ove hipoteze. Rezultati neparametarskih testova ukazuju da se sa stepenom poverenja od  $p=0.01$  može zaključiti da postoje statistički značajne razlike u efikasnostima skladišnih i transportnih podsistema posmatranih distributivnih centara. Ovo praktično znači da u okviru istog logističkog sistema funkcionisanje podsistema u izvesnoj meri karakteriše određeni stepen nezavisnosti u funkcionisanju. U skladu sa tim hipoteza H3a je potvrđena. Rezultati testiranja tri pothipoteze postavljene u okviru ove hipoteze dati su u tabeli 7.11.

**Tabela 7.11.** Rezultati testiranja hipoteza H3a i H3c

<i>Mann-Whitney (<math>p=0.01</math>)</i>	<i>H3a</i>	<i>H3b</i>	<i>H3c</i>
U	3792.0	1954.0	2767.500
Z	-2.952	-7.443	-5.455
Asymp. Sig. (2-tailed) - <i>p</i>	0.003	0.000	0.000
<i>Kolmogorov - Smirnof (<math>p=0.01</math>)</i>			
Z	1.485	3.536	2.475
Asymp. Sig. (2-tailed) - <i>p</i>	0.024	0.000	0.000

<sup>34</sup> Korišćen je hipotetički primer koji čini 100 DMU. Podaci su generisani u skladu sa primerom opisanim u poglavlju 6.



### ***H3b: Efikasnosti DC i skladišnog podsistema nisu iste***

Funkcionisanje DC uslovljeno je funkcionisanjem odgovarajućih podsistema. Značaj skladišnog podsistema za funkcionisanje DC naglašen je u prethodnim poglavljima. Nužno je razmotriti da li efikasnost skladišta u potpunosti određuje efikasnost DC. Rezultati Mann – Whitney i Kolmogorov – Smirnof testova u tabeli 7.11 pokazuju razliku u efikasnostima DC i skladišta, kao podsistema. To zapravo znači da efikasni skladišni podsistemi ne garantuju efikasnost DC kao celine. Na osnovu rezultujućih vrednosti sprovedenih testova, uz pouzdanost  $p=0.01$ , postavljena hipoteza se može prihvatiti.

### ***H3c: Efikasnosti DC i transportnog podsistema nisu iste***

Slično hipotezi o razlici efikasnosti DC i skladišnog podsistema, postavljena je hipoteza o razlici efikasnosti DC i transportnog podsistema. Rezultati Mann – Whitney i Kolmogorov – Smirnof testa ukazuju na očiglednu razliku u efikasnostima DC i transportnih podsistema. Kao i u prethodnom slučaju, može se izvesti zaključak da efikasnost transportnih podsistema nije dovoljan uslov za efikasno funkcionisanje DC. Sa istim stepenom poverenja, kao i u prethodnom slučaju, hipoteza H3c je potvrđena (tabela 7.11).

Na osnovu hipoteza H1a–H1c može se izvesti sledeći zaključak. Svaki podsistem predstavlja zasebnu celinu čije se funkcionisanje mora uskladiti sa drugim podsistemima i sistemom kao celinom u cilju postizanja celokupne efikasnosti. Efikasnost jednog podsistema ne obezbeđuje uspešno funkcionisanje DC.

## **H4: Brojni faktori utiču na efikasnost logističkih procesa**

Logističko tržište karakteriše dinamičnost i promenljivost. Aktivnosti u logističkim sistemima nisu imune na promene na tržištu i okruženju, ali i u samim sistemima. U ovom delu je postavljeno i na različitim primerima testirano pet pothipoteza. Hipoteze su testirane na studiji slučaja opisanoj u poglavlju 5.1 kao i na primeru koji je opisan u poglavlju 7.1.3.

#### **H4a: Efikasnost distributivnih procesa zavisi od menadžmenta kompanije**

U ovom delu je postavljena hipoteza o uticaju menadžmenta kompanije na rezultujuće efikasnosti. Hipoteza je testirana na prethodno opisanom primeru (poglavljje 7.1.3) primenom Mann - Whitney i Kolmogorov - Smirnof neparametarskih testova. Rezultati testa o postojanju razlike u efikasnosti transportnih procesa kompanija A i B, ali i ostalih pothipoteza dati su u tabeli 7.12.

**Tabela 7.12.** Rezultati testiranja hipoteza H4a – H4d

<b>Mann-Whitney (p=0.05)</b>	<b>H4a</b>	<b>H4b</b>	<b>H4c</b>	<b>H4d</b>	
		DC	Transportni procesi		
U	6.500	587.5	9.000	404.500	17.500
Z	-2.086	-1.319	-1.726	-3.140	0,369
Asymp. Sig. (2-tailed) - p	0.037	0.187	0.084	0.002	0.712
<b>Kolmogorov - Smirnof (p=0.05)</b>					
Z	1.498	1.311	0.942	1.829	0.942
Asymp. Sig. (2-tailed) - p	0.023	0.064	0.338	404.500	0.338

Razlike u efikasnostima transportnih procesa kompanija A i B mogu se uočiti u tabeli 7.8. Prosečna efikasnost kompanije A je 94%, dok je efikasnost kompanije B 75%. Na osnovu vrednosti prikazanim u tabeli 7.12. uz stepen pouzdanosti od  $p=0.05$ , hipoteza o uticaju menadžmenta na efikasnost je dokazana.

#### **H4b: Efikasnost distributivnih procesa zavisi od gravitacionog područja**

Lokacija distributivnih centara u Srbiji najčešće se vezuje za veća gradska područja. Sa aspekta mikrolokacije oni su najčešće locirani na obodima gradova. U ovoj disertaciji istražen je uticaj veličine gravitacionog područja na efikasnost DC i transportnih procesa. Primeri opisani u poglavljima 5.1. i 7.1.3. korišćeni su u ovom slučaju. Prema veličini gravitacionog područja, posmatrani skup podeljen je na dve grupe. U grupu velikih gravitacionih područja spadaju DC locirani u gradovima sa više od dvesta hiljada stanovnika, dok ostali centri spadaju u grupu manjih gravitacionih područja. Na osnovu rezultata neparametarskih testova (tabela 7.12) može se zaključiti da ne postoji značajna statistička razlika u efikasnosti DC i transportnih procesa u velikim i malim područjima. Hipoteza H4b je odbačena.

#### ***H4c: Efikasnost malih DC veća je od efikasnosti velikih DC***

Hipoteza o odnosu veličine DC i efikasnosti jedna je od retkih koja je višestruko istraživana u literaturi (Hackaman i ostali, 2001, Hamdan i Rogers, 2008). Konkretni sistem opisan u poglavlju 5.1. korišćen je za ispitivanje razlike u efikasnostima malih i velikih DC. U cilju testiranja hipoteze korišćeni su neparametarski testovi i to Mann – Whitney i Kolmogorov – Smirnof (tabela 7.12). U cilju ispitivanja ove hipoteze posmatrani skup DC je podeljen na velike i male centre. Kriterijum podele veličine DC u ovom slučaju je broj paletnih mesta. Za kritičnu vrednost je uzeto 4400 paletnih mesta. Prema Mann – Whitney i Kolmogorov – Smirnof testu ustanovljena je značajna razlika u efikasnostima velikih i malih centara. Mali DC su se i u ovom slučaju pokazali kao efikasniji, s obzirom da je prosečna efikasnost velikih centara 78%, dok je prosečna efikasnost malih centara 87%. Hipoteza H4c je dokazana.

Razlog efikasnosti malih skladišta leži u činjenici da mala skladišta imaju drugačije zahteve u odnosu na velika skladišta. Generalno gledano, za potrebe funkcionisanja malih skladišta potreban je znatno manji kapital sa jedne strane, dok je sa druge strane jednostavnije kontrolisati funkcionisanje. Ova skladišta u praksi imaju znatno veću gustinu skladištenja, a samim tim i iskorišćenost skladišta. Sa aspekta organizacije i praćenja rada zaposlenih u procesu komisioniranja u malim skladištima je situacija mnogo jednostavnija i povoljnija po menadžment od velikih skladišta. Greške u malim skladištima se ređe pojavljuju. Identifikacija i korekcija grešaka je brža.

#### ***H4d: Efikasnost voznih parkova sa malim brojem vozila veća je od efikasnosti voznih parkova sa velikim brojem vozila***

Na osnovu prethodne hipoteze postavljena je slična hipoteza koja se u ovom slučaju odnosi na vozne parkove (tabela 7.12). Korišćen je primer opisan u 7.1.3. Za potrebe ovog primera skup voznih parkova podeljen je prema broju vozila na velike i male. Kao kritična vrednost usvojeno je osamnaest vozila, tako da je identifikovano pet velikih i sedam malih voznih parkova.

Za razliku od prethodne hipoteze, u konkretnom slučaju, hipoteza o razlikama u efikasnosti voznih parkova malih i velikih centara nije dokazana. Može se izvesti zaključak da nema razlike u efikasnosti velikih i malih voznih parkova.

### **H5: Efikasnost logističkih sistema može se unaprediti primenom odgovarajućih korektivnih akcija**

Cilj merenja performansi je da se, ukoliko postavljeni standardi nisu ispunjeni, mogu sprovesti odgovarajuće promene. Pre sprovođenja određenih mera (akcija) neophodno je doneti odgovarajuće odluke. Značaj i potreba za odgovarajućim akcijama široko je elaborirana u literaturi. U tom smislu u ovoj disertaciji je postavljena hipoteza o unapređenju efikasnosti, prema kojoj se efikasnost logističkih sistema može unaprediti primenom odgovarajućih korektivnih akcija. Za potrebe testiranja ove hipoteze korišćeni su primeri opisani u 7.1.1 i 7.1.3. U okviru prethodno opisanih primera definisane su korektivne akcije neophodne za unapređenje efikasnosti. Primenom odgovarajućih akcija može se unaprediti efikasnost neefikasne jedinice. U cilju detaljnijeg analiziranja ove hipoteze postavljene su dve pothipoteze.

#### ***H5a: Boljim korišćenjem resursa može se unaprediti efikasnost***

Jedan od načina unapređenja efikasnosti logističkih sistema postiže se boljim iskorišćenjem resursa, odnosno smanjenjem viška resursa. Za potrebe testiranja ove hipoteze korišćen je primer opisan u 7.1.3. Rezultujuće efikasnosti prikazane su u tabeli 7.13. Detaljnije je razmatrana DMU 1. Ova jedinica može unaprediti svoje poslovanje proporcionalnim smanjenjem ulaza za 15%. To praktično znači da posmatrani transportni proces može realizovati isti nivo izlaza sa manje vozila (4 vozila), manjom potrošnjom goriva (oko 340 hiljada novčanih jedinica manje) i manje utrošenog vremena (975 radnih časova manje). Detaljniji pregledi postupaka o načinu unapređenja efikasnosti opisani su u poglavlju 5.3.2. i 5.3.4.

**Tabela 7.13.** *Efikasnosti transportnih procesa pre i posle primene korektivnih akcija*

DMU	Kompanija	Efikasnost pre korekcije	Efikasnost posle korekcije
DMU1	A	0.85	1.00
DMU2	A	1.00	1.00
DMU3	A	1.00	1.00
DMU4	A	1.00	1.00
DMU5	A	0.85	0.85
DMU6	A	0.88	0.88
DMU7	A	1.00	1.00
DMU8	B	0.84	0.84
DMU9	B	0.57	0.57
DMU10	B	0.66	0.66
DMU11	B	1.00	1.00
DMU12	B	0.67	0.67
DMU13	B	0.77	0.77

Na osnovu rezultata merenja efikasnosti pre i posle sprovođenja korektivnih akcija, primenom modela na realnom primeru (poglavljje 7.1.3), očigledno je moguće uočiti razliku u efikasnosti DMU 1. Ova jedinica je primenom odgovarajućih korektivnih akcija unapredila efikasnost za čak 15%. Na ovaj način se može potvrditi da se efikasnost može unaprediti eliminacijom viška resursa.

***H5b: Povećanjem izlaza može se unaprediti efikasnost***

Za razliku od prethodne hipoteze u kojoj je dokazano da se eliminacijom viškova u resursima može unaprediti efikasnost, u ovom delu je ispitana mogućnost unapređenja efikasnosti povećanjem izlaza. Za testiranje je korišćen primer iz poglavlja 7.1.1. Posmatrano je skladište označeno kao DMU 4 koje je prema pomenutom pristupu imalo efikasnost 0.69.

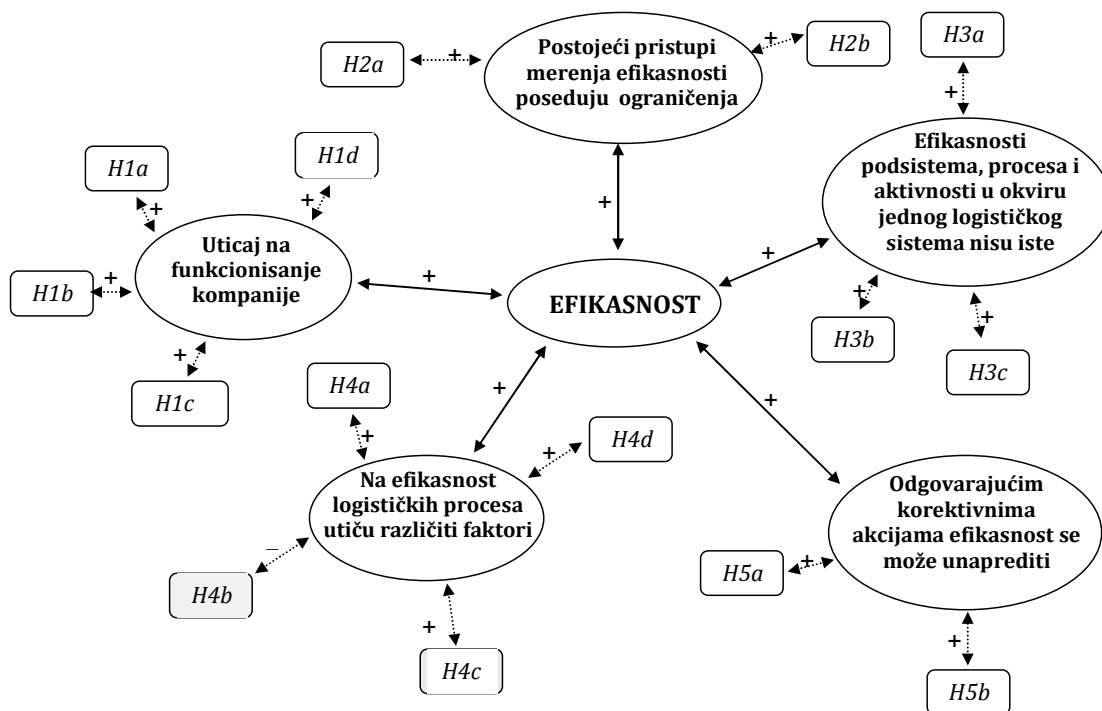
Primenom korektivnih definisanih akcija koje se odnose na povećanje broja realizovanih usluga na 547, prostornog iskorišćenja objekta na 61,83%, kao i smanjenja procenata kvarenja robe na 2%, efikasnost pomenutog centra može se unaprediti. Način realizovanja pomenutih korektivnih akcija može se postići primenom aktivnosti opisanih u poglavlju 5.3.3. S obzirom na činjenicu da je neefikasna jedinica unapredila efikasnost primenom odgovarajućih korektivnih akcija, može se zaključiti da je hipoteza H5b potvrđena. Na osnovu prethodnog može se izneti zaključak da se odgovarajućim korektivnim akcijama koje

predstavljaju rezultat predloženih modela može povećati efikasnost jedinica odlučivanja.

*Tabela 7.14. Efikasnosti skladišta pre i posle primene korektivnih akcija*

<b>DMU</b>	<b>Efikasnost pre primene akcija</b>	<b>Efikasnost nakon korektivnih akcija</b>
DMU 1	0.42	0.42
DMU 2	1.00	1.00
DMU 3	1.00	1.00
DMU 4	0.61	1
DMU 5	1.00	1.00
DMU 6	1.00	1.00
DMU 7	0.61	0.61
DMU 8	1.00	1.00
DMU 9	1.00	1.00
DMU 10	0.91	0.91
DMU 11	0.71	0.71
DMU 12	1.00	1.00
DMU 13	0.40	0.40
DMU 14	0.93	0.93
DMU 15	1.00	1.00
DMU 16	0.80	0.80
DMU 17	0.92	0.92
DMU 18	0.47	0.47
DMU 19	0.85	0.85
DMU 20	0.50	0.50

Testiranjem hipoteza sa odgovarajućim primerima potvrđene su pretpostavke postavljene na samom početku rada. U cilju boljeg sagledavanja rezultati testiranja su objedinjeni i prikazani na slici 7.2. Na osnovu pet osnovnih hipoteza postavljeno je ukupno petnaest pothipoteza. Od ukupnog broja pothipoteza statistički je potvrđeno četrnaest. Rezultati nedvosmisleno pokazuju da efikasnost ima pozitivan uticaj na obim realizovanih usluga, kvalitet realizovanih usluga, kao i bolje korišćenje resursa pre svega energije. Pretpostavka o ograničenjima u modelima merenja efikasnosti u literaturi i praksi, kao i mogućnostima prevazilaženja u potpunosti je potvrđena. Kompleksnost praćenja i unapređenja efikasnosti u logističkim sistemima potvrđena je postojanjem razlika u efikasnosti različitih podsistema i procesa u okviru jednog logističkog sistema. Identifikovani su brojni faktori koji utiču na efikasnost među kojima se izdvajaju menadžment kompanije i veličina logističkog sistema. Na osnovu prethodnih rezultata ustanovljeno je da se odgovarajućim korektivnim akcijama može unaprediti efikasnost.



*Slika 7.2. Rezultati testiranja hipoteza*

Na osnovu četrnaest valjano postavljenih hipoteza direktno je dokazana i osnovna hipoteza prema kojoj je moguće razviti modele merenja i unapređenja efikasnosti logističkih procesa distribucije proizvoda. U ovoj disertaciji je pokazano da se razvijenim modelima merenja i unapređenja efikasnosti logističkih procesa distribucije proizvoda može unaprediti proces merenja efikasnosti i na taj način doprineti postojećim teorijskim i metodološkim dostignućima.

## 8. ZAKLJUČAK

Merenje i unapređenje efikasnosti, nezavisno od vrste i veličine kompanije, preduslovi su uspešnog poslovanja. Istraživanje sprovedeno u ovoj disertaciji potvrdilo je hipoteze postavljene na početku istraživanja. Osnovni predmet istraživanja u ovoj disertaciji bili su logistički procesi koji nastaju u distribuciji proizvoda, od distributivnih centara do maloprodajnih objekata. Na osnovu stanja u literaturi i praksi definisani su osnovni problemi i ciljevi istraživanja. Utvrđena je evidentna potreba za modelima merenja i unapređenja efikasnosti logističkih procesa distribucije proizvoda koji su primenljivi na realnim sistemima. Razvijeni modeli su grupisani u dve značajne celine.

Prvu grupu čine modeli za merenje i unapređenje efikasnosti logističkih sistema sa posebnim akcentom na distributivnim centrima kao čvorovima u distributivnim kanalima. U skladu sa opsežnim istraživanjem sprovedenim u disertaciji, razvijeni su različiti pristupi koji rešavaju probleme prisutne u literaturi. Zadatku izbora pokazatelja, kao jednom od najpoznatijih problema u kontekstu merenja efikasnosti, u ovoj disertaciji se pristupilo na novi i drugačiji način. U disertaciji je pokazano da merenje efikasnosti u prisustvu velikog broja pokazatelja ne znači nužno različito odbacivanje dela pokazatelja, kako se najčešće pristupa u literaturi. Stoga, agregiranje raspoloživih pokazatelja u manji broj novih pokazatelja prevazilazi nedostatak klasičnog izbora pokazatelja koji karakteriše gubitak dragocenih informacija. Pre samog razvoja modela detaljno su sagledani i sistematizovani pokazatelji koji se prate u DC, a posebno u Srbiji. Primena



standardnih pristupa u konkretnom slučaju nije moguća. U cilju ispitivanja uticaja pokazatelja iz različitih grupa na efikasnost DC, definisana su četiri modela: CLASSICLOG, OPERLOG, UTILOG i QUALITYLOG. Rezultati testiranja modela na realnom primeru dokazali su pretpostavku o različitom uticaju pojedinih pokazatelja. Pokazano je da su kvalitativni pokazatelji relevantniji za merenje efikasnosti od operativnih i faktora iskorišćenja. Doprinos predloženog pristupa pre svega se ogleda u prevazilaženju nedostataka modela poznatih u literaturi i praktičnoj upotrebljivosti. Razvijeni modeli definišu korektivne akcije kojima se može unaprediti efikasnost distributivnih sistema. Korektivne akcije detaljno su opisane i grupisane u nekoliko konzistentnih celina i odnose se na organizacione promene, promene u opremi i kapacitetima koje treba da dovedu do smanjenja potrošnje energije. Za uspešno sagledavanje efikasnosti logističkih procesa i aktivnosti nužno je izvršiti dekompoziciju efikasnosti logističkih sistema u cilju merenja efikasnosti logističkih procesa. Utvrđeno je da poznati postojeći modeli dekompozicije efikasnosti poseduju niz ograničenja. Osnovno ograničenje, zajedničko za većinu modela prisutnih u literaturi, ogleda se u zanemarivanju uticaja zajedničkih promenljivih na različite komponente. Drugi njihov bitan nedostatak jeste otežana primenljivost ili potpuna neprimenljivost modela na konkretnim logističkim sistemima. U ovoj disertaciji je razvijen DECLOG model baziran na MODEA pristupu. Model istovremeno određuje efikasnost logističkih sistema i njegovih podsistema uz poštovanje uslova koji postavljaju zajedničke promenljive. Testiranjem na realnom primeru pokazana je potpuna primenljivost DECLOG modela. Diskriminaciona moć modela je na visokom nivou. Kao rezultat predloženog pristupa pojavljuju se informacije o potencijalnim korektivnim akcijama u cilju unapređenja efikasnosti. U šestom poglavlju razvijeni su modeli za merenje efikasnosti distributivnih kanala, kao i logističkih procesa koji se realizuju u njima. Predloženi pristup određuje efikasnost osnovnih procesa u distributivnom kanalu i istovremeno pruža informacije o neophodnim korektivnim akcijama. U cilju testiranja primenljivosti modela na konkretnim primerima iz različitih oblasti sprovedeno je pet studija slučaja opisanih u petom, šestom i sedmom poglavlju. U sedmom poglavlju su izvršena testiranja modela za merenje efikasnosti skladišta hladnjača, kao i dva primera koja se odnose na merenje efikasnosti transportnih

procesa trgovinskih kompanija, kao i kompanija za proizvodnju i distribuciju pića. Pokazano je da su razvijeni pristupi u potpunosti primenljivi na realnim sistemima. U drugom delu sedmog poglavlja detaljnije su razvijene i testirane polazne hipoteze istraživanja. Kroz petnaest pothipoteza dokazano je da efikasnost predstavlja važan pokazatelj funkcionisanja kompanije. Potvrđena je i hipoteza o neadekvatnom praćenju i merenju efikasnosti logističkih procesa u literaturi i praksi, što potvrđuje opravdanost istraživanja u disertaciji. Ustanovljene su razlike u efikasnostima različitih podistema, procesa i aktivnosti u okviru jednog logističkog sistema. Verifikovana je pretpostavka o uticaju različitih faktora na efikasnost. Utvrđeno je da menadžment kompanije, veličina DC, kapacitet vozila i vrsta proizvođača u velikoj meri utiču na efikasnost. Na samom kraju je pokazano da se odgovarajućim korektivnim akcijama može unaprediti efikasnost.

U ovom istraživanju identifikovano je više polja budućih istraživanja. Promene u distributivnim kanalima koji će nastati kao posledica razvoja tehnologije i informacionih sistema, sa jedne strane, i promene u zahtevima korisnika i tržišta, sa druge strane, direktno će uticati na njihovu efikasnost. Očekuje se da će dodatna ograničenja stvoriti i zakonska regulativa (ograničenja u nosivosti, emisija štetnih gasova, vreme isporuke). Razvoj modela koji će utvrditi uticaj pomenutih promena na efikasnost, kao i uključiti nove pokazatelje predstavlja prvi pravac budućih istraživanja. Drugi pravac istraživanja odnosi se na razvoj hibridnih modela koji bi kombinovali predloženi pristup sa drugim pristupima, poput QFD (*eng. Quality Function Depolyment*), ANP (*eng. Analytic Network Process*), simulacije, optimizacionih modela, itd. Na taj način bi se prevazišla određena ograničenja i unapredio proces merenja efikasnosti. Naredna istraživanja je potrebno usmeriti i ka uspostavljanju relevantnih baza podataka (regionalni, evropski i svetski nivo), sa mogućnostima ispitivanja uticaja sredine na efikasnost. Jedno od budućih polja istraživanja predstavlja i povezivanje efektivnosti logističkog menadžmenta i efikasnosti logističkih aktivnosti.

## LITERATURA

- [1] Adams, S. M., Sarkis, J. & Liles, D. (1995). The development of strategic performance metrics. *Engineering Management Journal*, Vol. 17, No. 1, pp. 24-32.
- [2] Adler, N., & Golany, B. (2001). Evaluation of deregulated airline networks using data envelopment analysis combined with principal component analysis with an application to Western Europe. *European Journal of Operational Research*, 132, 260–273.
- [3] Adler, N., & Golany, B. (2002). Including principal component weights to improvediscrimination in data envelopment analysis. *Journal of Operations Research Society of Japan*, 46, 66–73.
- [4] Adler, N., & Golany, B. (2007). PCA–DEA. Chapter 8 in – Zhu, J. & Cook, W. D., *Modeling data irregularities and structural complexities in data envelopment analysis*, Springer, New York, 2007.
- [5] Aminoff, A. Kettunen, O. Muhonen, H. (2002). Research on Factors Affecting Warehousing Efficiency *International Journal of Logistics: Research and Applications*, Vol. 5, No.
- [6] Andrejić M., Kilibarda M., (2014). Izbor distributivnih kanala primenom PCA-DEA pristupa., SYMOPIS 2014, str. 269-275, Divčibare.
- [7] Andrejić, M., Kilibarda, M. (2014). Global Logistics Efficiency index, *Proceedings of the 8th International Quality Conference*, Center for Quality, Faculty of Engineering, University of Kragujevac, Serbia, pp. 857-862., 2014

- [8] Andrejić, M., Bojović, N., Kilibarda, M., (2013). Benchmarking distribution centres using Principal Component Analysis and Data Envelopment Analysis: a case study of Serbia, *Expert Systems with applications* 40, 10, 3926-3933.
- [9] Andrejić, M., Kilibarda, M., Bojović, N. (2013). Measuring Energy Efficiency of the Transport System in Serbia, *Proceedings of the XI Balkan Conference on Operational Research - BalcOR 2013*, pp. 383- 389. Belgrade
- [10] Andrejić, M., Kilibarda, M. (2013). The problems of measuring efficiency in logistics, *Proceedings of the 1st International Logistics conference*, pp 221-226.
- [11] Andrejić M. Kilibarda M., (2013). Višeciljni pristup merenja efikasnosti distributivnih centara, *Tehnika* Vol. 5, str. 919-926.
- [12] Andrejić M., Kilibarda M., (2012). Kvalitativno troškovni pristup merenja efikasnosti logističkih sistema, *SYMOPIS 2012*, str. 321-324, Tara.
- [13] Andrejić, M., Kilibarda, M., (2012). The Efficiency of Fleets in Serbian Distribution Centres, *2nd Olympus International Conference on Supply Chains (ICSC 2012)*, Katerini.
- [14] Andrejić, M., Ratković, B., Kilibarda, M., Bjelić, N., (2011). Measuring energy efficiency of refrigerated warehouses, *Proceedings of the REACT conference*, pp. 313-319, Belgrade.
- [15] Andrejić M., Kilibarda M., (2011). Dekompozicija efikasnosti logističkih sistema, *SYM-OP-IS 2011*, str. 355-359, Zlatibor
- [16] Ayers, J. B. (2001). *Handbook of Supply chain management*, St. Lucie Press, USA, Florida.
- [17] Banaszewska A., Cruijssen, F., Dullaert W., Gerdessen C. (2012). A framework for measuring efficiency levels – The case of express depots, *International Journal of Production Economics*, 139, 2, 484-495.
- [18] Banker, R.D., Charnes, A., & Cooper, W.W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30, 1078–1092.

- [19] Beamon, B. M. (1999). Measuring Supply chain performance. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 19, No. 3, pp. 275-292.
- [20] Beltrami, E. (1873). Sulle funzioni bilineari. *Giornale di Matematiche di Battaglini*, 11, 98-106.
- [21] Bojović, N. (2002). A general system theory approach to rail freight car fleet sizing. *European Journal of Operational Research*, 136, 136-172.
- [22] Boussofiane, A., Dyson, R. G. & Thanassoulis, E. (1991). Applied data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 52, 1-15.
- [23] Bowersox, D. J., Closs, D. J. & Stank, T. P. (2000). Ten mega-trends that will revolutionise Supply chain logistics. *Journal of Business Logistics*, Vol. 21, No. 2, pp. 1-16.
- [24] Bowersox, D. J. & Closs, D. J. (1996). *Logistical Management – The Integrated Supply Chain Process*, McGraw-Hill Companies Inc, New York.
- [25] Byrne, P.J. Markham, W. J. (1991). *Improving Quality and Productivity in the Logistics Process – Achieving Customer Satisfaction Breakthroughs*, Council of Logistics Management.
- [26] Byrne, P. J. (2006). The impact of information sharing and forecasting in capacitated industrial Supply chains: A case study. *International Journal of Production Economics*, Vol. 103, pp. 420-437.
- [27] Chakraborty, P.S., Majumder, G., Sarkar, B. (2011). Performance measurement of distribution centre combining data envelopment analysis and analytic hierarchy process, *Advances in Production Engineering & Management*, 6, 2, 117-128.
- [28] Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E., (1978) Measuring efficiency of decision making units. *European Journal of Operations Research* 2 (6), 429-444.
- [29] Chen C. M. (2009). A network-DEA model with new efficiency measures to incorporate the dynamic effect in production networks. *European Journal of Operational Research*; 194(3), 687-99.

- [30] Chen, Y. and J. Zhu. (2004). Measuring information technology's indirect impact on firm performance. *Information Technology and Management Journal*, 5(1-2), 9-22.
- [31] Chen, Y., Liang, L., Yang, F., (2006). A DEA game model approach to supply chain efficiency, *Annals of Operation Research*, Vol 145. 5-13.
- [32] Chow, G., Heaver, T.D. & Henriksson, L.E. (1994). Logistics performance: definition and measurement, *International Journal of Physical and Distribution Management*, 24, (1), pp. 17–28.
- [33] Christopher, M. (1998). *Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Costs and Improving Services* (2nd ed.). Pitman, London.
- [34] Christopher, M. & Gattorna, J. (2005). Supply chain cost management and value-based pricing. *Industrial Marketing Management*, Vol 34. 2, pp. 115-121.
- [35] Chung, W., Zhou, G. and Yeung, I. M. H. (2013). A study of energy efficiency of transport sector in China from 2003 to 2009, *Applied Energy*, Vol. 112, pp. 1066 – 1077.
- [36] Cook WD, Hababou M, Tuenter H. (2000). Multicomponent Efficiency Measurement and Shared Inputs in Data Envelopment Analysis: An Application to Sales and Service Performance in Bank Branches. *Journal of Productivity Analysis*; 14(3), 209–24.
- [37] Cook, T. J., Vansant, J., Stewart, L., and Adrian, J. (1995). Performance measurement: Lessons learned for development management, *World Development*, 28(8), 1303-1315.
- [38] Cohen, M.A. and Lee, H.L. (1989). Resource deployment analysis of global manufacturing and distribution networks, *Journal of Manufacturing and Operations Management*, Vol. 2, pp. 81-104.
- [39] Collin, J (2003). *Selecting the right Supply Chain for a Customer in project business*. Diss. Tekniska högskolan Helsingfors. Helsingfors.
- [40] Cook, W., Liang, L., Zhu, J. (2010). Measuring performance of two-stage network structures by DEA: A review and future perspective, *Omega*, Volume 38, Issue 6, 423-430.

- [41] Coyle, J.J., Bardi, E.J., Langley, C.J. (2003). The management of business logistic: supply chain perspective, 7th ed. Cincinnati.
- [42] Cruijssen F, Dullaert W and Joro T (2010). Freight transportation efficiency through horizontal cooperation in Flanders. *International Journal of Logistics: Research and Applications* 13: 161–178.
- [43] Cullinane, K., Ji, P., & Wang, T. (2005). The relationship between privatization and DEA estimates of efficiency in the container port industry. *Journal of Economics and Business*, 57, 433–462.
- [44] Cvetić, S. (1996). Mogućnosti optimizacije snabdevanja maloprodajnih objekata iz centralnog skladišta, Doktorska disertacija, Saobraćajni fakultet, Beograd.
- [45] Cvetić, S. (2012). Optimizacija logističkih sistema skladištenja i maloprodaje, Saobraćajni fakultet, Beograd, (priredio Milorad Vidović)
- [46] Đurđević, D. (2002). Prilog optimizaciji procesa komisioniranja, Magistarski rad, Saobraćajni fakultet, Beograd.
- [47] Dhooma, J. and Baker, P. (2012). An exploratory framework for energy conservation in existing warehouses, *International Journal of Logistics Research and Applications*, Volume 15, No. 1, pp. 37 – 51.
- [48] Etzel, M.J., Walker, B.J., & Stanton, W.J. (2004). Marketing, 13th edition, In Etzel, M.J., Walker, B.J., & Stanton, W.J. (Eds). Channel of distribution, Boston, Mass.: McGraw-Hill/Irwin.
- [49] Eyong, M. E. (2009). Creating a competitive supply chain: Evaluating the impact of lean & agile Supply chain, Master Thesis Work, School of innovation, design & engineering (idt) P. O. Box 883 eskilstuna, Sweden.
- [50] Farrell, M. J. (1957). The Measurement of productive Efficiency, *Journal of the Royal Statistical Society*, Vol 120, Part III, pp 253 – 290.
- [51] Fare, R. and S.Grosskopf. (1996). *Intertemporal Production Frontiers: With Dynamic DEA*. Kluwer Academic Publishers.
- [52] Fawcett, S. E. and Cooper, M. B. (1998). Logistics performance measurement and customer success, *Industrial Marketing Management*, 27(4), 341-357.

- [53] Fernie, J. And Sparks, L. (2009). *Logistics and Retail Management: Emerging Issues and New Challenges in the Retail Supply Chain*. Kogan Page Limited, Philadelphia.
- [54] Frazelle, E. (1997). *World Class Warehousing*. Atlanta GA: Logistics Resources International.
- [55] Frazelle, E. (2002). *Supply Chain Strategy: the logistics and supply chain management*, McGraw-Hill, New York,.
- [56] Fugate, B., Mentzer, T., Stank, T. (2010). Logistics performance: Efficiency, Effectiveness, and Differentiation, *Journal of Business Logistics*, Vol. 31, No. 1, pp. 43-62.
- [57] Genovese, A, Koh, L. and Acquaye, A. (2013). Energy efficiency retrofitting services supply chains: Evidence about stakeholders and configurations from the Yorkshire and Humber region case, *International Journal Production Economics*, Volume 144, pp. 20 – 43.
- [58] Gleason, J. M., Barnum, D. T. (1982). Toward valid measures of public sector Productivity: performance measures in urban transit, *Management science*, Vol. 28, No. 4.
- [59] Gunasekaran, A. Patel, C. & Tirtioglu, E. (2001). Performance measurement and metrics in a Supply chain environment. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 21, 71-87.
- [60] Gunasekaran, A.; Patel, C.; McGaughey, E, (2004). A Framework for Supply Chain Performance Measurement, *International Journal of Production Economics*, 87, 333- 347.
- [61] Haas, D.A., Murphy, F.H. and Lancioni, R.A. (2003). Managing reverse logistics channels with data envelopment analysis, *Transportation Journal*, Vol. 42 No. 3, pp. 59-69.
- [62] Hamdan, A. and Rogers, K.J. (2008). Evaluating the efficiency of 3PL logistics operations, *International Journal Production Economics*, 113, 235–244.
- [63] Hackman, S., Frazelle, E., Griffin, P., Griffin, S. and Vlasta, D. (2001). Benchmarking Warehousing and Distribution Operations: An Input-Output Approach, *Journal of Productivity Analysis*, 16, 79–100.



- [64] Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C. (1995). *Multivariate data analysis*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- [65] Higginson, James K., and Bookbinder, J.H., (2005). *Distribution Centres in Supply Chain Operations* In Langevin, A., and Riopel, D. (eds.), *Logistics Systems: Design and Optimization*, 67-91, Kluwer.
- [66] Hervani, A. A., Helms, M. M., & Sarkis, J. (2005). Performance measurement for green supply chain management. *Benchmarking: An International Journal* 12: 330–353.
- [67] Isoraite, M. (2005). *Evaluating Efficiency and Effectiveness in Transport Organizations*, *Transport*, Vol. 20, No 6.
- [68] Johnson, A. (2006). *Methods in productivity and efficiency analysis with applications to warehousing*, Phd, Georgia Institute of Technology.
- [69] Jordan, M. C. (1874). *Memoire sur les formes bilineaires*. *Journal of Mathematiques Pures et Appliquees*, 19, 35–54.
- [70] Kalenoja, H., Kallionpää, E., & Jarkko Rantala, J. (2011). Indicators of energy efficiency of supply chains. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 14, 77–95.
- [71] Kao, C., Hwang, S.N., (2008). Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: An application to non-life insurance companies in Taiwan. *European Journal of Operational Research* 185, 418–429.
- [72] Kao C., (2009). Efficiency measurement for parallel production systems. *European Journal of Operational Research*, 196(3):1107–12.
- [73] Kaplan, R. S. & Norton, D. P. (1996). *The Balanced Scorecard*. Harvard Business School Press, Boston.
- [74] Kaveh, N. (2009). *How Collaborative Logistics Management Increases Supply Chain Efficiency*, Master thesis, University of Borås, Sweden.
- [75] Keebler, J .S. (1999). *Keeping score: measuring the business value of logistics in the Supply chain*, Oak Brook, Council of Logistics Management.
- [76] Kilibarda, M., Andrejić, M., Vidović, M., (2011). Measuring efficiency of logistics processes in distribution centers, *Proceedings of the 14th QMOD Conference on Quality and Service Sciences 2011- From LearnAbility & InnovAbility to SustainAbility*, pp. 996-1010., San Sebastian, Spain.

- [77] Kilibarda, M, Zečević, S. (2008). Upravljanje kvalitetom u logistici, Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd.
- [78] Kim T (2010). Efficiency of trucks in logistics: Technical and scale efficiency. *Asian Journal on Quality* 11: 89-96.
- [79] Kleinsorge, Ilene K., Schary, Phillip B., and Tanner, Ray D. (1989). Evaluating Logistics Decisions, *International Journal of Physical Distribution and Supply Chain Management*, Vol. 19, No. 12.
- [80] Klimberg, R.K. and Puddicombe, M., (1999). A Multiple Objective Approach to Data Envelopment Analysis, *Advances in Mathematical Programming and Financial Planning*, Vol. 5, pp. 201-232.
- [81] Klimberg, R.K. Lawrence, K. D. and Lawrence, S. M., (2010). Data envelopment analysis is not multiobjective analysis, *Applications of Management Science*, Vol. 14, pp. 79 – 93.
- [82] Korpela, J., Lehmusvaara, A. and Nisonen, J. (2007). Warehouse operator selection by combining AHP and DEA methodologies, *International Journal Production Economics*, 108, 135–142.
- [83] de Koster, M.B.M., Balk, B.M., van Nus, W.T.I. (2009). On using DEA for benchmarking container terminals, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 29 No. 11, pp. 1140-1155.
- [84] de Koster, M.B.M. and Balk, B.M. (2008). Benchmarking and monitoring international warehouse operations in Europe, *Production and Operations Management*, Vol. 17 No. 2, pp. 1-10.
- [85] Kotzab, H., & Bjerre, M., (2005). Retailing in a SCM-perspective. In Kotzab, H. (Ed.), *Retailing the the context of IT and distribution* (p 14-29). Copenhagen: Copenhagen Business School Press.
- [86] Kye, D., Lee, J. and Lee, K. D., (2013). The perceived impact of packaging logistics on the efficiency of freight transportation (EOT), *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 43, pp. 707 – 720.
- [87] Kuosmanen, T. and Kortelainen, M. (2005). Measuring eco-efficiency of production with data envelopment analysis. *Journal of Industrial Ecology* 9:

- 59-72. Lambert, D. M. (1998). *Fundamentals of logistics management*. Chicago, London, Irwin/McGraw-Hill.
- [88] Lam, C. H. Y., Choy, K.L, Chung, S.H., (2010). Framework to measure the performance of warehouse operations efficiency, *Industrial Informatics (INDIN)*, 8th IEEE International Conference.
- [89] Lazić, S. (2006). *Prilog optimalnom oblikovanju distribucionih kanala na logističkim principima*, doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka.
- [90] Lee, H. L. & Billington, C. (1992). Managing Supply Chain Inventory: Pitfalls and Opportunities, *Sloan Management Review*, Vol. 33, No. 3, pp. 65-74.
- [91] Leonardi, J., Baumgartner, M. (2004). CO2 efficiency in road freight transportation: Status quo, measures and potential, *Transportation Research Part D* 9, 451–464.
- [92] Liang L, Yang F, Cook WD, Zhu J. (2006). DEA models for supply chain efficiency evaluation. *Annals of Operations Research*;145(1):35–49
- [93] Liang, L., Cook, W., Zhu, J. (2008). DEA Models for Two-Stage Processes: Game Approach and Efficiency Decomposition, *Naval Research Logistics*, Vol 55. 643-53
- [94] Lovreta, S., Končar, J., Petković, G. (2005). *Kanali marketinga*, Ekonomski fakultet Beograd.
- [95] Lu, C. and Yang, C. (2006). Evaluating key logistics capabilities for international distribution center operators in Taiwan, *Transportation Journal*, 45(4): 9-27.
- [96] Lundkvist, K., Larsson, M. and Samuelsson, C. (2013). Optimisation of a centralised recycling system for steel plant by-products, a logistics perspective, *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 77, pp. 29 – 36.
- [97] Lynch, R. L., Cross, K. F. (1995). *Measure Up! How to Measure Corporate Performance*, Basil Blackwell, Oxford.
- [98] Mangold, G. and Faulds, D. (1993). Service Quality in Retail Channel System, *Journla of Service Marketing*, 7, 4, 4-10.

- [99] Martić M.M. (1999). Analiza obavijanja podataka sa primenama, Doktorska disertacija, Fakultet organizacionih nauka, Beograd.
- [100] Martić, M and Savić, G. (2001). An application of DEA for comparative analysis and ranking of regions in Serbia with regards to social-economic development, *European Journal of Operational Research*, 132, 343 – 356.
- [101] McKinnon, A. (2003). Analysis of Transport Efficiency in the UK Food Supply Chain, London, Department of transport.
- [102] McKinnon, A. (1999). Vehicle utilisation and energy efficiency In the food supply chain, 1999, School of Management Heriot-Watt University edinburgh, UK.
- [103] Meffert, H. (2000). Zum Problem der betriebswirtschaftlichen Flexibilität. In: *ZfB* 39, 12.
- [104] Mentzer, J., Flint, D. & Hult, T. (2001). Logistics Service Quality as a Segment-Customized Process. *Journal of Marketing*, Vol. 65, pp 82-104.
- [105] Mentzer, J., Konard, P. (1991). An Effectiveness Approach to Logistics Performance Analysis, *Journal Of Business Logistics*, Vol. 12, 1, 33-63.
- [106] Meyer, C (2013). E commerce boom triggers transformation in retail logistics, *Jonnes Lang LaSalle*, Report.
- [107] Min, H., Joo, S. (2006). Benchmarking the operational efficiency of third party logistics providers using data envelopment analysis, *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 11 No. 3, pp. 259-65.
- [108] Murphy, D. J., (1992). Purchasing performance evaluation: A data envelopment analysis approach, Phd, Arizona state university.
- [109] National Guide for the Safe Management of HCW in Serbia (in Serbian) (2009). Available at: <http://www.ncrc.ac.rs/uputstva/vodic%20.pdf> (December 15, 2010)
- [110] Neely, A., Gregory, M., and Platts, K. (1995). Performance measurement system design: A literature review and research agenda, *International Journal of Operations and Production Management*, 15(4), 80-116.
- [111] Neto J Q F, Walther G, Bloemhof J, Van Nunen J A E E and Spengler T (2009). A methodology for assessing eco-efficiency in logistics networks. *European Journal of Operational Research* 193: 670–682.

- [112] Nikoličić S, (2011). Prilog poboljšanju posotjećih metoda i modela za utvrđivanje performansi malopordajnog logističkog sistema, Doktorska disertacija, FTN Novi Sad.
- [113] Parasuraman, A, Betty, L & Zeithaml, V. (1991). Understanding Customer Expectations of Service. Sloan Management Review, Spring 1991, pp 39-48.
- [114] Parker, C. (2000). Performance measurement, Work Study, Vol. 49, Issue 2.
- [115] Paul, R. (2008). Benchmarking Study of the Refrigerated Warehousing Industry Sector in California, California Energy Commission.
- [116] Pearson, K., (1901). On lines and planes of closest fit to system of points in space. Phylosophy Magazine 6th series 2, 559-572.
- [117] Pecina M. (2006). Metode Multivarijantne analize, Autorizovana skripta Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb, 2006.
- [118] Pedersen, S. G., Zachariassen, F., Arlbjorn, S. J. (2012) Centralisation vs de-centralization of warehousing: a small and medium-sized enterprise perspective. Journal od Small Business and Enterprise Development, 19 (2), 352-369.
- [119] Perreault, W.D., & MaCarthy, Jr. E. J. (2003). Essential of marketing: A golbal-management approach, (9th ed.). In Perreault, W.D., & MaCarthy, Jr. E. J. (Eds). Place and Development of Channel Systems. Boston, Mass.: McGraw-Hill/Irwin
- [120] Pettersson, A., (2008). Measurements of efficiency in a Supply chain, Licentiate thesis, Stockholm
- [121] Pfohl, H.-Chr. (1999). Vertikales Marketing. In: Poth, L.G. (Hrsg.): Marketing. 2. Aufl. Neuwied 1999, Kennziffer 36.
- [122] Polakoff, J. C. (1992). How to design a performance measurement program, Corporate Controller, 4(3), 49-53.
- [123] Prüss, A., Giroult, E., & Rushbrook, P. (1999). Safe Management of Wastes from Health-care Activities. World Health Organization, Geneva.
- [124] Ramanathan, R. (2007). Supplier selection problem: integrating DEA with the approaches of total cost of ownership and AHP, Supply Chain Management: An International Journal 12/4, 258–261.

- [125] Ratković, B., Andrejić, M., Vidović, M., (2012). Measuring the efficiency of a healthcare waste management system in Serbia with data envelopment analysis, *Waste Management and Research*, Vol. 30, No. 6, pp. 635 – 638.
- [126] Robert E. Stassen, Matthew A. Waller, (2002). Logistics and assortment depth in the retail supply chain: evidence from grocery categories, *Journal of Business Logistics*, Volume 23, Issue 1, pages 125–143.
- [127] Ross, A. and Droge, C. (2002). An integrated benchmarking approach to distribution center performance using DEA modeling, *Journal of Operations Management*, Vol. 20, 19–32
- [128] Rose, K. H. (1995). A performance measurement method, *Quality Progress*, 28(2), 63-66.
- [129] Roy, M. (2010). Green Warehouses, *ASHRAE Journal*, vol. 52, Issue 3, 64-70.
- [130] Rushton , A., Croucher, P., Baker, P. (2006). *The handbook of logistics and distribution management*, 3rd edition. Kogan page, London and Philadelphia
- [131] Sarkis, J. and Talluri, S. (2004). Ecoefficiency measurement using data envelopment analysis: research and practitioner issues. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management* 6: 91–123.
- [132] Sachan, A., Sahay, B. S. & Sharma, D. (2005). Developing Indian grain Supply chain cost model: system dynamics approach. *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol.54, No. 3, pp. 187-205
- [133] Seiford, L.M., Zhu, J., (1999). Profitability and marketability of the top 55 US commercial banks. *Management Science* 45, 1270-1288.
- [134] Sharma, S., (1996). *Applied Multivariate Techniques*. John Wiley & Sons, Inc.
- [135] Sharma, A., Grewal, D. and Levy, M. (1995). The Customer Satisfaction/Logistics Interface, *Journal of Business Logistics*, 16, 2, 1-21.
- [136] Shimshak, D. G., Lenard Melanie, L. L., & Klimberg, R. K. (2009). Incorporating quality into data envelopment analysis of nursing home performance: A case study. *Omega*, 37, 672-685.
- [137] Stainer,A. (1997). Logistics – a productivity and performance perspective, *Supply Chain Management*, Vol. 2 , Num. 2 , pp. 53–62.

- [138] Simchi-Levy, D., Kaminsky, P. & Simchi-Levy, E. (2000). *Designing and Managing the Supply Chain*, McGraw-Hill, USA.
- [139] Simons D, Mason R and Gardner B (2004). Overall Vehicle Effectiveness. *International Journal of Logistics: Research and Applications* 7: 119-135.
- [140] Solakivi, T., Toyli, J. and Ojala, L. (2013). Logistics outsourcing, its motives and the level of logistics costs in manufacturing and trading companies operating in Finland, *Production Planning & Control*, Volume 24, 388 – 398.
- [141] Srinivas, T., Kyo, K. M. and Tobias, S. (2013). The relationship between operating efficiency and service quality: are they compatible, *International Journal of Production Research*, Vol. 51, pp. 2548-2567.
- [142] Stank, T., Crum, M. and Arango Miren (1999). Benefits of Interfirm Coordination in Food Industry Supply Chains, *Journal of Business Logistics*, 20 (2), 21-41.
- [143] Tone K, Tsutsui M. (2010). Dynamic DEA: A slacks-based measure approach. *OMEGA* 38(3-4):145-56.
- [144] De Toni, A.; and Tonchia, S. (2001). Performance Measurement Systems Models, Characteristics and measures, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 21, pp. 46 – 70.
- [145] Van Goor, A. R., M. J. Ploos van Amstel, and W. Ploos van Amstel (2003). *European distribution and supply chain logistics*. Stenfert Kroese, Groningen.
- [146] Vukićević, S. (1995). *Skladišta*, Preving, Beograd.
- [147] Yang, T., Kuo, C. (2003). A hierarchical AHP/DEA methodology for the facilities layout design problem, *European Journal of Operational Research*, 147 , 128–136.
- [148] Wanke, P., Zinn, W. (2004). Strategic logistics decision making. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34 (6), 466 – 478.
- [149] Woo, K. And Ennew, C. (2005). Measuring B2B Professional Service Quality and its consequences, *Journal of Business Research*, 58, 1178 – 1185.
- [150] Zhou, G., Min, H., Chao, X. and Cao, Z. (2008). Evaluating the comparative efficiency of Chinese third-party logistics providers using data envelopment

analysis; International Journal of Physical Distribution and Supply Chain Management, Vol. 38, Issue 4, 262-279.

- [151] Zhu, J. (2008). Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking Data Envelopment Analysis with Spreadsheets Second Edition, Springer.
- [152] Životić, I. (2011). Ključni pokazatelji performansi dodatnih logističkih procesa, Skup privrednika i naučnika, Zbornik radova, str. 377 - 384.

*Internet izvori:*

[www.banxia.com](http://www.banxia.com)

[www.dea.com](http://www.dea.com)

[www.dillontransport.com](http://www.dillontransport.com)

[www.lowes.com](http://www.lowes.com)

[www.logisticsviewpoints.com/2009/07/17/tips-for-improving-fleet-utilization-and-reducing-operating-costs](http://www.logisticsviewpoints.com/2009/07/17/tips-for-improving-fleet-utilization-and-reducing-operating-costs)

[www.qbsales.com/pdf/5CostlyMistakes-Report.pdf](http://www.qbsales.com/pdf/5CostlyMistakes-Report.pdf)

[www.utilitywarehouse.co.uk/files/nrginfo/Guide to Energy Efficiency.pdf](http://www.utilitywarehouse.co.uk/files/nrginfo/Guide%20to%20Energy%20Efficiency.pdf)



# PRILOG DOKTORATA

## Prilog 1 – Ulazni pokazatelji rada DC u Srbiji

DMU	Broj vozila	Broj viljuškara	Zaposleni u skladištu	Zaposleni u transportu	Površina skladišta (m <sup>2</sup> )	Broj paletnih mesta	Potrošnja goriva (10 <sup>3</sup> m.u.)	Potrošnja električne energije (10 <sup>3</sup> m.u.)	Komunalni troškovi (10 <sup>3</sup> n.j.)	Ostali troškovi energije (voda, gas) (10 <sup>3</sup> n.j.)	Broj zahteva (10 <sup>3</sup> )	Prekovremeni sati u skladištu (h)	Prekovremeni sati vozača (h)	Troškovi održavanja vozila (10 <sup>3</sup> n.j.)	Prekovremeni sati vozača/vozaču (h/vozač)
DMU1 -DC1 1 januar	28	90	51	104	14856	6775	1604698	719539	465680	12957	9183	1189	47	414292	1
DMU2 -DC 1 februar	28	90	51	104	14856	6775	1862947	747937	411209	85865	9850	399	225	328378	5
DMU3 -DC 1 mart	28	90	53	108	14856	6775	2250516	597482	457544	53235	11339	303	284	922349	6
DMU4 -DC 1 april	29	90	53	111	14856	6775	2218324	603108	530379	48935	10693	897	735	300063	17
DMU5 - DC 1 maj	29	90	54	107	14856	6775	2294681	685288	461119	41619	10526	719	598	573311	13
DMU6 -DC 1 jun	29	91	53	107	14856	6775	2863181	683784	469325	29316	11279	672	759	458531	17
DMU7 -DC 1 jul	28	91	54	107	14856	6775	2663848	697120	480955	37018	10701	558	784	660981	18
DMU8 -DC 1 avgust	29	91	54	106	14856	6775	2746881	561101	353657	28353	10660	1269	758	844065	17
DMU9 - DC 1 sept.	29	91	55	106	14856	6775	2611224	537553	485376	36084	10884	933	494	750736	11
DMU10 - DC 1 okt.	29	61	55	106	14856	6775	2492620	595999	454037	22567	10795	1054	338	747535	8
DMU11 -DC 1 nov.	29	61	54	106	14856	6775	2461839	549480	457343	29481	10236	1023	401	919540	9
DMU12 -DC 1 dec.	29	69	54	106	14856	6775	2808712	1041458	445158	72849	11605	2115	404	958887	9
DMU13 - DC 2 janu.	14	21	26	24	6692	548	390468	177464	67911	30000	5179	370	48	18293	1
DMU14 -DC 2 feb.	14	21	26	23	6692	548	473614	174780	66045	33808	5768	415	306	288377	4
DMU15 -DC 2 mart	14	21	27	23	6692	548	556485	199037	66045	33808	6629	510	531	302071	8
DMU16 -DC 2 april	14	21	29	23	6692	548	612324	174840	66045	96045	6570	879	471	444852	7
DMU17 -DC 2 maj	14	21	28	23	6692	548	545918	197146	132089	37169	6928	519	399	72710	6
DMU18 -DC 2 jun	14	21	27	25	6692	548	574344	188184	286	3808	7395	493	488	118005	7
DMU19 -DC 2 jul	15	21	28	25	6692	548	547470	191192	66045	18808	7195	486	793	177362	11
DMU20 -DC 2 avg.	18	21	30	28	6692	548	712877	170051	62742	0	7147	431	558	205427	7
DMU21 -DC 2 sept.	18	21	29	29	6692	548	703258	165350	62742	0	7222	450	600	257829	7
DMU22 -DC 2 okt.	18	16	29	28	6692	548	692133	164962	63122	0	6898	317	258	141891	3
DMU23 -DC 2 nov.	16	16	29	29	6692	548	683119	166000	62742	0	6411	183	321	602331	4
DMU24 -DC 2 dec.	16	17	29	28	6692	548	837081	379184	62742	0	8406	350	190	395262	10
DMU25 -DC 3 jan.	34	82	89	117	8147	4486	3700069	838670	330407	210883	10829	47	141	1309477	10
DMU26 -DC 3 feb.	34	82	88	114	8147	4486	3951956	822601	330515	40445	11629	268	252	1056601	17
DMU27 -DC 3 mart	35	82	88	114	8147	4486	4408448	608469	331115	98305	13285	252	346	1143023	22
DMU28 -DC 3 april	35	82	90	112	8147	4486	4515130	631267	334115	46271	12510	1112	711	888003	39
DMU29 -DC 3 maj	35	82	89	112	8147	4486	4589444	694960	334815	88093	13016	473	532	1463247	30
DMU130-DC 3 jun	35	82	89	115	8147	4486	4869975	987153	8600	616209	13426	561	669	1394360	39
DMU31 -DC 3 jul	35	82	89	115	8147	4486	5904007	1028857	9997	65610	12110	134	538	871842	32
DMU32 -DC 3 avg.	43	82	101	118	8147	4486	6815555	943981	607731	56475	12812	393	324	925022	17
DMU33 -DC 3 sept.	41	82	100	118	8147	4486	6135657	1027628	60566	68873	13204	333	395	911531	20
DMU34 -DC 3 okt.	41	71	100	115	8147	4486	6026739	598785	341029	34703	12799	388	204	1704661	10
DMU35 -DC 3 nov.	41	71	98	118	8147	4486	5654635	707855	329409	87331	12169	804	102	1542814	5
DMU36 -DC 3 dec.	41	80	98	118	8147	4486	6388478	714409	332459	107203	12323	1173	569	1152325	7
DMU37 -DC 4 jan.	21	73	47	84	10609	6286	2954188	999943	126885	1552668	7870	0	231	1031466	6

## Nastavak Priloga 1

DMU38 -DC 4 feb.	21	73	47	84	10609	6286	3129920	857357	226126	1606588	8664	1565	399	660026	10
DMU39-DC 4 mart	21	74	47	86	10609	6286	3627015	925194	205668	154248	9468	0	395	1004945	9
DMU40 -DC 4 april	21	74	51	87	10609	6286	3701895	833148	187505	63178	9177	0	573	1055201	12
DMU41 -DC 4 maj	21	74	51	87	10609	6286	3806926	995472	192074	165440	9657	0	464	867304	10
DMU42 -DC 4 jun	21	74	51	87	10609	6286	3953684	940722	189370	148346	12602	0	538	577857	12
DMU43-DC 4 jul	21	72	51	85	10609	6286	4222792	947529	185584	145905	12510	510	878	1385000	19
DMU44 -DC 4 avg.	22	72	51	85	10609	6286	4651740	870697	158373	131576	13548	784	1017	672951	22
DMU45 -DC 4 sept.	22	72	54	88	10609	6286	4126127	813954	178368	85127	13209	0	793	1003731	16
DMU46 -DC 4 okt.	22	47	54	86	10609	6286	3921482	862297	165605	239106	12866	0	745	1253892	15
DMU47 -DC 4 nov.	22	47	54	86	10609	6286	4114091	666549	177058	162665	13089	1647	435	1604033	9
DMU48 -DC 4 dec.	22	54	54	86	10609	6286	4822229	630195	190389	230669	14773	0	894	1358505	18
DMU49 -DC 5 jan.	18	48	30	60	4272	3234	944514	278602	33475	28829	5157	96	41	477139	2
DMU50 -DC 5 feb.	18	48	30	60	4272	3234	996774	255623	40742	174172	5565	28	255	228900	9
DMU51 -DC 5 mart	18	48	31	60	4272	3234	1088394	257290	80853	31163	5965	24	309	195694	11
DMU52 -DC 5 april	17	48	31	60	4272	3234	1052362	276390	0	118303	5444	215	345	438621	12
DMU53 -DC 5 maj	17	48	31	62	4272	3234	1046738	310433	80853	190573	5533	24	148	41973	5
DMU54 -DC 5 jun	17	48	32	62	4272	3234	1139873	333855	161706	0	5718	24	327	127084	12
DMU55 -DC 5 jul	17	47	32	62	4272	3234	1298116	366477	80853	235377	5513	89	535	92957	19
DMU56 -DC 5 avg.	17	47	32	62	4272	3234	1295064	303303	0	158793	5906	529	129	426721	5
DMU57 -DC 5 sept.	18	47	32	62	4272	3234	1184492	307392	76810	0	5300	32	70	816769	2
DMU58 -DC 5 okt.	18	36	32	62	4272	3234	1006366	281231	153621	233932	5035	457	13	518946	0
DMU59 -DC 5 nov.	18	36	32	62	4272	3234	1027185	247031	0	131620	4814	28	10	212719	0
DMU60 -DC 5 dec.	18	37	32	62	4272	3234	1133227	187365	153621	153879	5481	24	12	293313	0
DMU61 -DC 6 jan.	23	49	39	72	6993	5241	2721970	354782	49753	227847	5089	5	723	642666	21
DMU62 -DC 6 feb.	23	49	39	71	6993	5241	2774320	326262	49711	473514	6115	10	637	660760	19
DMU63 -DC 6 mart	23	49	42	71	6993	5241	3302135	307285	96228	277605	6399	0	667	1125966	18
DMU64 -DC 6 april	23	49	42	71	6993	5241	3353103	326591	48844	185830	6325	0	664	874691	18
DMU65 -DC 6 maj	23	49	42	72	6993	5241	3302507	344694	50220	108699	6490	0	704	692046	19
DMU66 -DC 6 jun	23	49	42	72	6993	5241	3394188	341244	51820	30984	6373	0	801	408680	22
DMU67 -DC 6 jul	23	47	42	71	6993	5241	3624044	372807	49680	35457	6529	0	928	612376	25
DMU68 -DC 6 avg.	25	47	42	71	6993	5241	3740310	328494	47709	40560	7054	0	776	884647	21
DMU69 -DC 6 sept.	25	47	42	70	6993	5241	3503481	337970	48659	40118	6332	0	630	453805	17
DMU70 -DC 6 okt.	24	32	42	70	6993	5241	3372807	347415	47709	27769	6561	763	553	1336820	15
DMU71 -DC 6 nov.	24	32	42	68	6993	5241	3303749	288556	48566	38651	5810	0	577	993615	16
DMU72 -DC 6 dec.	24	35	42	69	6993	5241	3783619	297104	48876	53922	6132	0	721	1183485	19
DMU73 -DC 7 jan.	12	22	27	34	5708	4824	846305	276818	68626	37594	5449	0	147	65947	8
DMU74 -DC 7 feb.	12	22	26	34	5708	4824	859595	262187	68626	48984	5351	0	220	121145	13
DMU75 -DC 7 mart	12	22	27	34	5708	4824	1055125	247749	66759	95943	6651	11	259	366318	14
DMU76 -DC 7 april	12	22	28	34	5708	4824	1069053	255062	67759	43965	6130	373	470	237836	25
DMU77 -DC 7 maj	12	22	27	33	5708	4824	1037806	286388	67426	71026	6115	95	361	455807	20
DMU78 -DC 7 jun	12	22	27	33	4968	4824	1187355	240779	67045	53757	6903	121	434	70292	24
DMU79 -DC 7 jul	12	22	26	34	5708	4824	1172608	258099	67711	44008	6413	286	464	259156	27
DMU80 -DC 7 avg.	12	22	27	34	5708	4824	1185119	212613	63421	48027	6821	851	514	245028	29
DMU81 -DC 7 sept.	13	22	27	33	5708	4824	1116383	190309	63421	36868	6855	213	448	301694	25
DMU82 -DC 7 okt.	13	23	27	34	5708	4824	1059999	189470	69813	51098	6270	66	333	427527	19
DMU83 -DC 7 nov.	14	23	27	35	5708	4824	1045515	186767	67099	14994	6200	18	319	350870	18
DMU84-DC 7 dec.	14	23	27	34	5708	4824	1163021	178191	69499	29227	7579	0	338	139955	19

## Prilog 2 – Izlazni pokazatelji rada DC u Srbiji

DMU	Vrem. iskor. vozila (%)	Prost. iskor. vozila (%)	Prost. iskor. skl. (%)	Greške u skladištu	Greške u transportu*	Otpis robe sa isteklim rokom*	Ukupne greške	Prevezene palete (broj)	Predeno rastojanje (10 <sup>3</sup> km)	Broj isporuka	Komisione transakcije (10 <sup>3</sup> )	Promet (10 <sup>6</sup> n.j.)	Tura/vozaču	Isporuka/vozaču	Tona/vozaču	Paleta/vozaču	Rastojanje/vozaču	Komisione transakcije/komisionaru
DMU1 -DC1 1 januar	26	50	73	-183550	-519145	-158563	-6989329	6780	89504	3336	233522	332950500	28	79	73	161	2131	6672
DMU2 -DC 1 februar	31	60	84	-80653	-389954	0	-944071	7352	94611	3661	253812	336672201	30	87	78	175	2253	6043
DMU3 -DC 1 mart	33	66	85	-95207	-237923	-67478	-474748	9053	115060	4370	313183	403101137	36	104	98	216	2740	7830
DMU4 -DC 1 april	29	68	91	-77566	-203495	-11833	-377618	9254	108969	4247	304839	421758423	36	101	100	220	2595	7258
DMU5 - DC 1 maj	30	64	91	-150996	-216882	-12996	-459632	8996	109789	4182	304951	387046667	35	100	99	214	2614	6931
DMU6 -DC 1 jun	35	75	91	-83851	-327868	-93184	-504903	10177	133269	4724	309557	440131695	39	112	111	242	3173	7370
DMU7 -DC 1 jul	33	70	91	-95019	-245324	-17591	-365271	9594	125226	4480	270023	415886836	37	107	105	228	2982	7106
DMU8 -DC 1 avgust	32	68	91	-110665	-501713	-62169	-682580	9718	126179	4572	301473	436413834	37	109	109	231	3004	7933
DMU9 - DC 1 sept.	32	69	87	-99045	-889980	-3496	-970939	9500	117455	4659	310302	436507157	36	111	103	226	2797	7758
DMU10 - DC 1 okt.	32	63	85	-129668	-815691	-28775	-1021007	9000	117939	4666	303125	443109596	34	111	100	214	2808	7772
DMU11 -DC 1 nov.	31	64	85	-91807	-716429	-109593	-1716429	8847	117338	4293	279005	391555146	33	102	96	211	2794	7154
DMU12 -DC 1 dec.	33	72	85	-54003	-1619272	-127092	-2274541	10207	130362	4794	285916	443950824	38	114	110	243	3104	8409
DMU13 - DC 2 janu.	19	44	100	-2799	-33704	0	-50623	2486	21942	3282	52003	64613994	12	78	21	59	522	5200
DMU14 -DC 2 feb.	21	52	100	-3017	-40756	0	-61850	2664	26198	3557	59808	70694259	12	85	22	63	624	5981
DMU15 -DC 2 mart	25	60	100	-4089	-49728	0	-66236	3382	31738	4294	75021	90137833	16	102	29	81	756	6252
DMU16 -DC 2 april	27	68	100	-2793	-37777	-2805	-47716	3736	36395	4320	79064	103381132	17	103	34	89	867	6589
DMU17 -DC 2 maj	25	64	100	-3877	-35245	-3635	-38048	3613	32413	4298	79284	109258547	16	102	31	86	772	6099
DMU18 -DC 2 jun	28	71	100	0	-16608	0	-16608	3863	34403	4762	85632	106996397	18	113	34	92	819	5037
DMU19 -DC 2 jul	26	69	100	-4729	-31043	-16120	-54152	4132	33354	4756	79414	114066740	18	113	36	98	794	5672
DMU20 -DC 2 avg.	21	53	100	-3475	-18556	-1043	-28080	4332	35855	4842	88110	112925846	18	115	37	103	854	6778
DMU21 -DC 2 sept.	24	57	100	-2481	-27928	0	-26517	4445	37165	4964	94861	106027916	20	118	38	106	885	5929
DMU22 -DC 2 okt.	22	51	44	-2783	-40956	-18043	-120182	4108	35747	4570	85672	97877861	17	109	32	98	851	5711
DMU23 -DC 2 nov.	24	51	44	-6316	-47812	0	-62382	3981	35532	4358	78496	82647746	17	104	26	95	846	4906
DMU24 -DC 2 dec.	27	74	44	-3375	-33363	0	-41370	5016	43102	4784	87140	108559305	20	114	34	119	1026	5809
DMU25 -DC 3 jan.	36	64	93	-300132	-185608	-265468	-1198571	13283	177292	4695	289545	496198658	44	112	161	316	4221	5791
DMU26 -DC 3 feb.	40	73	94	-43230	-286199	-47710	-2803929	13660	187044	4997	299526	495629706	45	119	166	325	4453	6240
DMU27 -DC 3 mart	41	79	96	-92266	-260855	-29963	-815791	16220	207415	5864	350684	602202262	51	140	193	386	4938	6617
DMU28 -DC 3 april	41	78	97	-80644	-398976	-42750	-564375	15619	207565	5964	363803	651393113	51	142	183	372	4942	7425
DMU29 -DC 3 maj	40	74	91	-114459	-306521	-19250	-514679	15246	203536	6064	344552	571308897	50	144	180	363	4846	7831
DMU130-DC 3 jun	44	85	98	-64491	-487096	-44291	-595879	16937	219303	6459	342344	586808806	56	154	198	403	5222	7442
DMU31 -DC 3 jul	43	89	98	-81548	-291274	-45230	-467310	18371	255945	6257	323379	590660175	58	149	217	437	6094	7030
DMU32 -DC 3 avg.	39	75	92	-65862	-124304	-69916	-300858	20044	274926	6655	346269	606899966	62	158	236	477	6546	8245
DMU33 -DC 3 sept.	39	73	95	-44225	-61583	-21287	-129090	18442	251058	6928	353915	611839933	60	165	229	439	5978	8044
DMU34 -DC 3 okt.	37	70	97	-54138	-717008	-36847	-2312360	18264	259011	6504	355723	593807624	57	155	225	435	6167	7411
DMU35 -DC 3 nov.	39	74	97	-99126	-88842	0	-1806684	18584	245562	6488	349760	593832532	57	154	223	442	5847	7772
DMU36 -DC 3 dec.	40	80	97	-28797	-133849	-120590	-353668	20987	278125	6916	371259	726957295	65	165	251	500	6622	8250
DMU37 -DC 4 jan.	38	71	99	-61479	-66312	-295117	-483928	11335	135873	4771	216414	325466487	26	114	123	270	3235	7463
DMU38 -DC 4 feb.	44	82	98	-68118	-59926	0	-1158137	11889	137881	5297	222288	347496794	26	126	132	283	3283	7665
DMU39-DC 4 mart	47	85	97	-42358	-147410	-25559	-228195	13727	158003	6113	254278	392967899	32	146	152	327	3762	8476
DMU40 -DC 4 april	48	85	98	-48151	-91501	-76549	-227691	13157	166495	5735	264294	417163906	30	137	145	313	3964	9114
DMU41 -DC 4 maj	44	77	94	-46000	-132678	-23681	-203742	12366	158185	5425	244924	355207166	28	129	137	294	3766	8446
DMU42 -DC 4 jun	52	88	98	-69907	-119688	-19172	-208768	13601	162674	7640	241631	360997206	31	182	151	324	3873	8054
DMU43-DC 4 jul	48	82	98	-67445	-114169	-7724	-200510	13190	168558	6608	241906	400081411	32	157	145	314	4013	8064
DMU44 -DC 4 avg.	47	80	98	-59197	-74836	-26991	-173174	13720	180895	7203	273951	427932942	32	172	148	327	4307	8057
DMU45 -DC 4 sept.	48	77	97	-66509	-68855	-49288	-140456	12774	162441	7220	265979	409780739	30	172	142	304	3868	7823

## Nastavak Priloga 2

DMU46 -DC 4 okt.	44	73	88	-84744	-412559	-23435	-579369	12420	159353	6825	261434	385090258	30	163	138	296	3794	7922
DMU47 -DC 4 nov.	45	79	88	-75485	-484604	-87218	-1507499	12993	168466	6778	255518	407566871	31	161	143	309	4011	7743
DMU48 -DC 4 dec.	48	88	88	-28293	-460335	0	-501920	14958	192548	7339	263280	460238986	35	175	168	356	4584	8228
DMU49 -DC 5 jan.	26	39	89	-21431	-64588	-216003	-347014	4982	49390	3567	128141	134013904	11	85	58	119	1176	5825
DMU50 -DC 5 feb.	30	45	87	-25181	-20252	-257	-26207	5198	51852	3977	126051	138544626	11	95	57	124	1235	5730
DMU51 -DC 5 mart	34	53	90	-23819	-44086	-245980	-335211	6623	56183	5000	144168	154366777	14	119	72	158	1338	6268
DMU52 -DC 5 april	34	53	100	-32334	-36140	-1939	-92021	6206	52772	4345	143306	150492668	13	103	66	148	1256	6231
DMU53 -DC 5 maj	33	50	100	-35989	-69997	-4615	-149813	6028	51937	4307	142052	151635267	13	103	68	144	1237	6457
DMU54 -DC 5 jun	34	51	94	-28438	-22074	-68522	-119034	6027	55068	4278	137490	153590346	12	102	65	144	1311	6547
DMU55 -DC 5 jul	31	46	100	-26927	-170356	-13736	-256021	5644	59885	3689	137594	167328463	12	88	61	134	1426	6254
DMU56 -DC 5 avg.	30	50	100	-54453	-24802	-41577	-145772	6077	60690	3912	156856	193386290	13	93	66	145	1445	6274
DMU57 -DC 5 sept.	26	45	100	-17362	-21011	-17669	-67029	5454	54553	3546	138147	158609431	12	84	58	130	1299	6907
DMU58 -DC 5 okt.	23	39	81	-49226	-20349	-59963	-804699	4883	48416	3359	129482	142225604	11	80	52	116	1153	5886
DMU59 -DC 5 nov.	24	40	81	-34654	-65845	-5278	-112996	4908	49304	3359	119027	127151172	11	80	52	117	1174	5668
DMU60 -DC 5 dec.	26	42	81	-21352	-28608	-5785	-68058	5288	51724	3660	122941	144753986	12	87	56	126	1232	6147
DMU61 -DC 6 jan.	31	45	88	-40265	-56241	-358454	-510083	7686	137207	2773	119931	202672720	19	66	88	183	3267	4797
DMU62 -DC 6 feb.	35	51	90	-56069	-67042	0	-151487	7796	134389	3018	125569	203264483	18	72	109	186	3200	5232
DMU63 -DC 6 mart	38	54	96	-37820	-89342	-44648	-198395	9117	157794	3523	147070	237777564	21	84	105	217	3757	6394
DMU64 -DC 6 april	37	53	95	-33834	-87773	-37323	-182087	8753	158219	3406	156408	241986567	21	81	99	208	3767	6256
DMU65 -DC 6 maj	35	52	92	-54707	-136462	-90425	-338379	8851	152590	3417	144840	230496266	20	81	103	211	3633	5794
DMU66 -DC 6 jun	38	58	93	-48108	-87976	-18799	-154883	9507	157754	3510	145523	231729519	22	84	113	226	3756	6615
DMU67 -DC 6 jul	38	57	92	-38068	-151044	-11495	-244254	9734	165765	3641	149842	251591175	22	87	117	232	3947	6811
DMU68 -DC 6 avg.	36	54	91	-42678	-98562	-43857	-215440	10319	169016	4022	164437	268312978	23	96	126	246	4024	6852
DMU69 -DC 6 sept.	34	51	94	-55205	-32145	0	-105912	9455	154673	3601	151035	240644631	21	86	111	225	3683	6041
DMU70 -DC 6 okt.	34	51	92	-60657	-49114	-28160	-137476	9317	152721	3566	144823	238377337	21	85	107	222	3636	6297
DMU71 -DC 6 nov.	34	52	92	-26343	-37926	-4433	-72646	9053	147411	3361	131498	218193956	21	80	106	216	3510	5717
DMU72 -DC 6 dec.	35	53	92	-38187	-30484	-16330	-102366	9606	164339	3645	134451	230321082	22	87	112	229	3913	6111
DMU73 -DC 7 jan.	28	68	88	-9137	-125962	-149499	-338511	4225	51284	747	67631	74596417	18	86	21	101	1221	5202
DMU74 -DC 7 feb.	32	76	88	-4167	-46628	-3382	-111709	4236	51563	755	69276	71718344	18	88	21	101	1228	6298
DMU75 -DC 7 mart	33	84	88	-2723	-42545	-39392	-95984	5287	61435	903	82641	97827995	22	107	31	126	1463	8264
DMU76 -DC 7 april	36	98	75	-5413	-37276	-9253	-70243	5909	62366	924	81991	106814589	22	104	36	141	1485	5856
DMU77 -DC 7 maj	34	90	88	-6888	-48003	-26061	-107299	5652	59992	936	81421	98984578	22	102	31	135	1428	6785
DMU78 -DC 7 jun	40	102	88	-8553	-22562	-25894	-57009	6161	66441	991	84991	105481116	24	112	36	147	1582	7083
DMU79 -DC 7 jul	38	95	91	-16397	-36965	-14171	-80149	5919	65359	1015	80143	97629017	24	110	34	141	1556	5343
DMU80 -DC 7 avg.	39	98	100	-12029	-31160	-24045	-202464	6148	65807	1029	90653	108961144	25	115	35	146	1567	6973
DMU81 -DC 7 sept.	38	91	100	-6561	-39795	-52849	-95354	5866	65001	996	89829	101451384	24	115	35	140	1548	5989
DMU82 -DC 7 okt.	33	79	52	-7719	-28431	-32157	-66507	5245	62854	910	83286	88602018	22	107	28	125	1497	5949
DMU83 -DC 7 nov.	31	77	52	-2498	-18120	-6565	-33772	5064	62959	880	78304	77339217	21	108	26	121	1499	5593
DMU84 -DC 7 dec.	33	82	52	-10668	-16598	-8211	-65389	5557	68632	4609	74295	94533927	23	110	33	132	1634	6191

\*Napomena – izvorne vrednosti (normalizovane i preorijentisane za potrebe proračuna u odgovarajućim modelima)

**Prilog 3 – Rezultujuće efikasnosti primenom OPERLOG, UTILOG i QUALITYLOG modela**

<i>DMU</i>	<i>O-log</i>	<i>U-log</i>	<i>Q-log</i>	<i>DMU</i>	<i>O-log</i>	<i>U-log</i>	<i>Q-log</i>
DMU1 -DC1 1 januar	1.00	1.00	1.00	DMU43-DC 4 jul	0.96	0.97	0.92
DMU2 -DC 1 februar	0.81	0.83	0.78	DMU44 -DC 4 avg.	0.99	0.99	0.94
DMU3 -DC 1 mart	0.85	0.86	0.75	DMU45 -DC 4 sept.	0.96	0.98	0.92
DMU4 -DC 1 april	0.81	0.84	0.74	DMU46 -DC 4 okt.	0.92	0.92	0.85
DMU5 -DC 1 maj	0.77	0.81	0.72	DMU47 -DC 4 nov.	0.98	1.00	0.87
DMU6 -DC 1 jun	0.84	0.88	0.78	DMU48 -DC 4 dec.	1.00	1.00	1.00
DMU7 -DC 1 jul	0.80	0.84	0.75	DMU49 -DC 5 jan.	0.99	0.93	0.72
DMU8 -DC 1 avgust	0.86	0.88	0.77	DMU50 -DC 5 feb.	1.00	1.00	1.00
DMU9 -DC 1 sept.	0.86	0.86	0.78	DMU51 -DC 5 mart	1.00	1.00	0.71
DMU10 -DC 1 okt.	0.89	0.88	0.78	DMU52 -DC 5 april	0.91	1.00	0.75
DMU11 -DC 1 nov.	0.80	0.81	0.71	DMU53 -DC 5 maj	1.00	1.00	0.87
DMU12 -DC 1 dec.	1.00	1.00	1.00	DMU54 -DC 5 jun	0.95	1.00	0.73
DMU13 -DC 2 janu.	1.00	1.00	1.00	DMU55 -DC 5 jul	0.77	0.91	0.64
DMU14 -DC 2 feb.	1.00	1.00	1.00	DMU56 -DC 5 avg.	1.00	1.00	0.82
DMU15 -DC 2 mart	1.00	1.00	1.00	DMU57 -DC 5 sept.	0.93	1.00	0.82
DMU16 -DC 2 april	1.00	1.00	1.00	DMU58 -DC 5 okt.	1.00	0.90	0.77
DMU17 -DC 2 maj	1.00	1.00	1.00	DMU59 -DC 5 nov.	1.00	1.00	1.00
DMU18 -DC 2 jun	1.00	1.00	1.00	DMU60 -DC 5 dec.	1.00	0.94	0.84
DMU19 -DC 2 jul	1.00	0.98	0.78	DMU61 -DC 6 jan.	0.64	0.76	0.60
DMU20 -DC 2 avg.	1.00	0.99	0.98	DMU62 -DC 6 feb.	0.69	0.83	0.73
DMU21 -DC 2 sept.	1.00	1.00	1.00	DMU63 -DC 6 mart	0.77	0.88	0.70
DMU22 -DC 2 okt.	1.00	1.00	1.00	DMU64 -DC 6 april	0.77	0.88	0.69
DMU23 -DC 2 nov.	1.00	1.00	1.00	DMU65 -DC 6 maj	0.76	0.85	0.66
DMU24 -DC 2 dec.	1.00	1.00	1.00	DMU66 -DC 6 jun	0.83	0.91	0.72
DMU25 -DC 3 jan.	0.80	0.88	0.77	DMU67 -DC 6 jul	0.83	0.88	0.71
DMU26 -DC 3 feb.	0.79	0.92	0.80	DMU68 -DC 6 avg.	0.91	0.89	0.72
DMU27 -DC 3 mart	0.94	0.98	0.88	DMU69 -DC 6 sept.	0.84	0.91	0.80
DMU28 -DC 3 april	0.97	1.00	0.88	DMU70 -DC 6 okt.	0.81	0.85	0.69
DMU29 -DC 3 maj	0.86	0.92	0.85	DMU71 -DC 6 nov.	0.82	0.87	0.71
DMU130-DC 3 jun	0.87	1.00	0.92	DMU72 -DC 6 dec.	0.84	0.87	0.71
DMU31 -DC 3 jul	0.94	1.00	0.94	DMU73 -DC 7 jan.	0.73	1.00	0.64
DMU32 -DC 3 avg.	1.00	1.00	0.94	DMU74 -DC 7 feb.	0.77	1.00	0.69
DMU33 -DC 3 sept.	0.95	0.97	0.95	DMU75 -DC 7 mart	0.87	0.99	0.68
DMU34 -DC 3 okt.	1.00	1.00	0.91	DMU76 -DC 7 april	0.72	0.87	0.68
DMU35 -DC 3 nov.	1.00	1.00	1.00	DMU77 -DC 7 maj	0.74	0.91	0.66
DMU36 -DC 3 dec.	1.00	1.00	1.00	DMU78 -DC 7 jun	0.87	1.00	0.76
DMU37 -DC 4 jan.	0.95	0.98	0.82	DMU79 -DC 7 jul	0.74	0.95	0.71
DMU38 -DC 4 feb.	1.00	1.00	1.00	DMU80 -DC 7 avg.	0.88	1.00	0.74
DMU39-DC 4 mart	1.00	1.00	0.91	DMU81 -DC 7 sept.	0.83	1.00	0.75
DMU40 -DC 4 april	1.00	1.00	0.92	DMU82 -DC 7 okt.	0.66	0.69	0.60
DMU41 -DC 4 maj	0.93	0.93	0.86	DMU83 -DC 7 nov.	0.70	0.75	0.69
DMU42 -DC 4 jun	1.00	1.00	0.95	DMU84-DC 7 dec.	0.94	0.77	0.69

### Prilog 4 – Pokazatelji rada procesa u distributivnim kanalima\*

ULAZI																		
	Broj radnika u skladištu	Vremena - pojedinih aktivnosti	Oprema	Broj komisionih transakcija	Prekovremeni sati u skladištu	Potrošnja el energije	Ostali energenti	Broj radnika na pakovanju	Troškovi materijala i energije (strech folija)	Ukupna vrednost zaliha	Veličina skl paletna mesta	Broj zaposlenih u transportu	Broj vozila	Potrošnja energije (gorivo)	Prekovremeni sati vozača	Troškovi održavanja	Troškovi poručivanja	Troškovi istovara
DMU 1	1.05	1.30	1.05	1.05	1.30	0.77	0.77	1.05	0.99	1.17	1.05	1.05	1.05	1.35	1.35	1.15	0.95	1.10
DMU 2	0.97	1.30	0.97	0.97	1.30	0.85	0.85	0.97	1.19	1.00	0.97	0.97	0.97	0.65	0.65	0.85	1.00	0.90
DMU 3	0.89	0.70	0.89	0.89	0.70	0.94	0.94	0.89	0.99	1.17	0.89	0.89	0.89	1.35	1.35	1.15	1.20	1.20
DMU 4	0.85	0.70	0.85	0.85	0.70	1.07	1.07	0.85	1.19	1.00	0.85	0.85	0.85	0.65	0.65	0.85	1.05	0.95
DMU 5	1.21	1.30	1.20	1.21	1.30	0.94	0.94	1.21	0.99	1.00	1.21	1.21	1.20	1.35	1.35	1.15	0.80	1.05
DMU 6	1.09	1.30	1.09	1.09	1.30	1.07	1.07	1.09	0.99	0.83	1.09	1.09	1.09	0.65	0.65	0.85	0.85	0.85
DMU 7	1.01	0.70	1.01	1.01	0.70	1.07	1.07	1.01	0.83	1.00	1.01	1.01	1.01	1.35	1.35	1.15	0.90	1.00
DMU 8	0.93	0.70	0.93	0.93	0.70	1.28	1.28	0.93	0.83	0.83	0.93	0.93	0.93	0.65	0.65	0.85	0.75	0.70

IZLAZI																	
	Broj isporuka	Broj realizovanih naloga	Obrt zaliha	Prostorna iskorišćenost skladišta	Greške istekao rok	Pređeni km 1000 km	Prostorna iskorišćenost kapaciteta vozila	Vremenska iskorišć.	Greške (manjak i višak)	Promet (mil. n.f.)	Broj upakovanih j-ca (j-ca pakovanje)	Prevezene količine (palete)	Greške (kašnjenja, oštećenja i sl)	Brzina poruč.	Stepen greške u poruč.	Brzina istovara	Greška istovara
DMU 1	1.35	0.99	0.80	0.85	0.76	1.35	0.65	0.65	0.74	0.91	0.73	0.91	0.91	0.70	1.10	0.70	1.05
DMU 2	0.65	1.19	0.80	1.15	0.64	0.65	1.35	1.35	1.54	0.74	0.95	0.74	0.91	0.80	1.15	0.80	1.10
DMU 3	1.35	0.99	0.80	0.85	0.92	1.35	0.65	0.65	0.74	0.95	0.77	0.95	2.00	0.85	1.00	0.90	1.00
DMU 4	0.65	1.19	0.80	1.15	1.09	0.65	1.35	1.35	1.54	0.77	0.99	0.77	2.00	0.90	0.95	0.95	0.70
DMU 5	1.35	0.99	1.20	0.85	1.00	1.35	0.65	0.65	0.74	1.23	0.80	1.23	0.67	0.95	0.90	1.00	0.90
DMU 6	0.65	0.99	1.20	1.16	0.78	0.65	1.35	1.35	1.54	0.98	1.28	0.98	0.67	1.00	0.85	1.15	0.60
DMU 7	1.35	0.83	1.20	0.85	2.55	1.35	0.65	0.65	0.74	1.40	1.02	1.40	1.11	1.10	0.80	1.20	0.55
DMU 8	0.65	0.83	1.20	1.16	2.34	0.65	1.35	1.35	1.54	1.02	1.46	1.02	1.11	1.00	0.70	1.10	0.4

\* Vrednosti prikazane u tabeli su normalizovane procenjene i na osnovu saznanja o vrednostima koje se realizuju u konkretnim sistemima

**Prilog 5 – Pokazatelji funkcionisanja skladišta hladnjača**

DMU	Veličina (m3)	Zaposleni	Broj viljuškara	Iskorišćenost (%)	Potrošnja električne energije (MWh/god.)	Ostali energetski troškovi (h.j.)	Realizovane usluge (1000)	Stepen pokvarenosti robe (%)
Hladnjača 1	68.47	107	16	44.48	5013.31	19.11	393.47	5.21
Hladnjača 2	26.36	77	11	56.22	4682.95	39.85	816.17	15.40
Hladnjača 3	92.72	58	19	90.24	3672.89	48.01	298.57	19.37
Hladnjača 4	36.78	133	12	73.63	3897.89	17.41	347.93	1.12
Hladnjača 5	35.72	79	16	79.04	4286.62	12.56	495.73	16.35
Hladnjača 6	68.12	44	10	50.00	4691.17	20.07	841.09	10.43
Hladnjača 7	73.53	51	13	46.84	3602.35	17.20	557.21	3.27
Hladnjača 8	32.55	113	10	57.90	2801.91	28.79	997.13	8.57
Hladnjača 9	28.83	54	14	77.59	2803.27	40.51	657.25	14.51
Hladnjača 10	39.68	39	20	92.81	3750.13	32.22	317.45	7.59
Hladnjača 11	36.32	101	9	85.23	4950.97	18.10	655.06	1.68
Hladnjača 12	71.05	64	3	67.18	2420.65	11.73	310.30	11.80
Hladnjača 13	90.78	94	8	52.38	3884.23	30.89	451.42	1.89
Hladnjača 14	28.01	75	15	66.24	4364.39	29.30	400.92	12.90
Hladnjača 15	46.17	32	14	98.20	5078.87	34.12	497.13	13.02
Hladnjača 16	35.85	84	17	59.35	4698.35	23.38	628.43	10.87
Hladnjača 17	85.00	73	14	99.26	4200.47	38.41	344.42	16.22
Hladnjača 18	89.13	100	19	63.04	4948.52	22.86	416.63	7.35
Hladnjača 19	23.75	60	6	52.96	2357.02	28.37	340.50	5.45
Hladnjača 20	48.54	107	12	77.17	5026.66	33.44	215.69	0.97

**Prilog 6 – Ulazni pokazatelji rada transportnih procesa DC za distribuciju pića u Srbiji**

DMU	Broj vozila	Broj vozila u upotrebi	Broj vozila korišćenih za isporuku	Prosečan kapacitet vozila (t)	Ukupno vreme rada kamiona (h)	Budžet (RSD)	Potrošeno (RSD)	Koeficijent iskorišćenja budžeta (%)	Trošak/proizvod (RSD /proizvod)	Trošak/km (RSD/km)	Trošak/hl/km (RSD/hl/km)	Trošak /proizvodu /km (RSD/proizvod /km)	Prosečno vreme u ruti (h)	Prosečna dužina rute (km)	Prosečan broj proizvoda u isporuci	Prosečna težina tereta (t)	Prosečan istovar (drop size) (hl)
DMU 1 januar	13	12	189	7	792	2216282	1739058	1.27	24	79	0.0110	0.0011	4	116	378	7	38
DMU 1 februar	13	12	130	7	607	2117282	1665835	1.27	37	104	0.0219	0.0023	5	123	344	6	37
DMU 1 mart	13	12	220	7	894	2117282	1854655	1.14	22	77	0.0087	0.0009	4	110	378	7	40
DMU 1 april	13	12	277	7	1201	2127282	2072381	1.03	20	68	0.0062	0.0007	4	111	370	6	39
DMU 1 maj	13	13	294	7	1226	2142282	2503534	0.86	23	74	0.0065	0.0007	4	115	369	7	39
DMU 1 jun	13	12	215	7	1389	2142282	2043691	1.05	22	59	0.0060	0.0006	6	160	438	8	46
DMU 1 jul	13	13	241	7	1595	2027660	1662503	1.22	16	43	0.0039	0.0004	7	160	444	7	46
DMU 1 avgust	14	14	253	7	1394	2126660	2184396	0.97	20	65	0.0060	0.0006	6	133	432	7	43
DMU 1 septembar	14	13	156	7	983	2117660	2132543	0.99	34	88	0.0138	0.0014	6	155	399	7	41
DMU 1 oktobar	14	11	149	7	798	2117660	1918683	1.10	33	86	0.0145	0.0015	5	149	392	6	40
DMU 1 novembar	14	12	189	7	763	2057660	1859438	1.11	28	92	0.0139	0.0014	4	107	351	5	35
DMU 1 decembar	14	13	201	7	982	1977660	1782756	1.11	23	66	0.0085	0.0009	5	135	378	6	38
DMU 2 januar	24	20	383	7	1690	4218605	3643036	1.16	24	93	0.0061	0.0006	4	103	396	7	39
DMU 2 februar	24	22	366	6	1702	3938205	3173082	1.24	24	82	0.0061	0.0006	5	106	355	6	37
DMU 2 mart	24	23	564	6	2512	3938205	3543028	1.11	18	63	0.0030	0.0003	4	100	359	6	38
DMU 2 april	24	21	626	7	2621	3993205	3937334	1.01	17	67	0.0027	0.0003	4	94	374	6	39
DMU 2 maj	24	22	596	6	2718	4010205	3364837	1.19	16	55	0.0025	0.0003	5	102	360	6	38
DMU 2 jun	24	23	642	6	2859	4383205	3890159	1.13	16	60	0.0023	0.0002	4	102	386	6	40
DMU 2 jul	23	23	750	6	3080	3944967	3687135	1.07	13	53	0.0019	0.0002	4	92	377	6	38
DMU 2 avgust	23	23	644	6	2807	3932967	3452794	1.14	13	56	0.0022	0.0002	4	95	427	6	40
DMU 2 septembar	23	22	530	6	2562	3837967	3445606	1.11	17	63	0.0030	0.0003	5	103	392	7	40
DMU 2 oktobar	23	21	459	7	2155	3837967	3014137	1.27	18	62	0.0038	0.0004	5	106	370	6	36
DMU 2 novembar	23	21	479	7	2216	3962967	3394092	1.17	18	69	0.0037	0.0004	5	103	393	6	39
DMU 2 decembar	23	21	520	7	2616	3837967	3365156	1.14	14	61	0.0029	0.0003	5	106	456	7	41
DMU 3 januar	18	17	271	6	1210	2862448	2083244	1.37	22	65	0.0064	0.0007	4	119	357	6	37
DMU 3 februar	18	17	226	6	1062	2692448	2067649	1.30	28	74	0.0095	0.0010	5	124	330	5	34
DMU 3 mart	18	17	313	6	1502	2762448	2300748	1.20	22	57	0.0051	0.0005	5	128	340	6	36
DMU 3 april	18	17	355	6	1765	2762448	2575515	1.07	22	56	0.0045	0.0005	5	129	330	6	35
DMU 3 maj	18	15	357	7	1742	2762448	3398634	0.81	27	78	0.0059	0.0006	5	122	353	6	37
DMU 3 jun	18	17	340	6	1715	2957048	2385432	1.24	23	58	0.0053	0.0006	5	121	309	5	32
DMU 3 jul	18	16	389	6	1844	2795223	1895937	1.47	15	41	0.0032	0.0003	5	119	320	5	33
DMU 3 avgust	18	17	389	6	1844	2825223	2400062	1.18	17	51	0.0037	0.0004	5	120	353	6	36
DMU 3 septembar	18	16	297	6	1514	2755223	2462478	1.12	27	66	0.0069	0.0007	5	126	311	5	32
DMU 3 oktobar	18	16	242	6	1239	2655223	2117904	1.25	27	67	0.0085	0.0009	5	130	324	5	33
DMU 3 novembar	18	15	276	6	1433	2684685	1937513	1.39	20	52	0.0054	0.0005	5	134	353	6	35
DMU 3 decembar	18	14	272	7	1427	2596719	2221756	1.17	23	62	0.0065	0.0006	5	132	352	6	35
DMU 4 januar	9	9	128	7	531	1453221	1026606	1.42	22	83	0.0172	0.0018	4	97	360	6	38
DMU 4 februar	9	9	108	7	479	1423221	885318	1.61	27	95	0.0272	0.0029	4	87	304	5	32
DMU 4 mart	9	9	159	7	653	1418221	983080	1.44	17	55	0.0086	0.0010	4	112	364	6	40
DMU 4 april	9	9	180	7	873	1418221	1314767	1.08	22	60	0.0090	0.0010	5	121	336	5	37
DMU 4 maj	9	9	171	7	779	1418221	1265761	1.12	18	54	0.0070	0.0008	5	137	412	7	45
DMU 4 jun	9	9	162	7	713	1548221	938171	1.65	19	48	0.0090	0.0010	4	120	297	5	33



## Nastavak Priloga 6

DMU 4 jul	9	9	178	7	744	1445208	802361	1.80	9	32	0.0036	0.0004	4	140	483	7	51
DMU 4 avgust	9	9	189	7	768	1460208	1085190	1.35	14	46	0.0056	0.0006	4	124	421	7	43
DMU 4 septembar	9	9	119	7	701	1415208	978139	1.45	20	54	0.0103	0.0011	6	152	419	7	44
DMU 4 oktobar	9	8	108	7	539	1380208	894659	1.54	22	83	0.0207	0.0020	5	100	378	5	37
DMU 4 novembar	9	8	129	7	569	1380208	829596	1.66	13	50	0.0077	0.0008	4	129	491	7	50
DMU 4 decembar	9	8	137	7	684	1330208	1016586	1.31	21	58	0.0119	0.0012	5	129	359	5	35
DMU 5 januar	16	15	240	6	1084	2653519	2348420	1.13	29	90	0.0108	0.0011	5	109	342	6	35
DMU 5 februar	16	16	221	6	1018	2583519	2303496	1.12	32	99	0.0131	0.0014	5	105	323	5	34
DMU 5 mart	16	16	324	6	1461	2583519	2692473	0.96	22	77	0.0061	0.0006	5	107	374	6	39
DMU 5 april	16	16	369	6	1847	2633519	2774423	0.95	21	64	0.0047	0.0005	5	118	350	6	37
DMU 5 maj	16	16	313	6	1493	2633519	2067812	1.27	18	59	0.0049	0.0005	5	112	371	6	39
DMU 5 jun	16	16	327	6	1675	2678519	2368099	1.13	20	62	0.0052	0.0005	5	117	355	6	37
DMU 5 jul	17	14	428	6	1829	2517493	2192553	1.15	13	53	0.0031	0.0003	4	97	393	6	40
DMU 5 avgust	17	17	366	6	1716	2587493	2275110	1.14	15	55	0.0037	0.0004	5	114	420	6	41
DMU 5 septembar	17	16	311	6	1580	2507493	2380228	1.05	22	61	0.0056	0.0006	5	125	356	6	35
DMU 5 oktobar	17	15	281	6	1391	2556141	2159710	1.18	22	68	0.0072	0.0007	5	112	357	5	34
DMU 5 novembar	17	15	325	6	1430	2537493	2040237	1.24	17	61	0.0054	0.0005	4	103	361	5	35
DMU 5 decembar	17	17	349	6	1702	2457493	2074978	1.18	14	52	0.0040	0.0004	5	114	410	6	38
DMU 6 januar	14	12	148	7	610	2073368	1801407	1.15	37	96	0.0191	0.0020	4	126	330	6	34
DMU 6 februar	14	14	128	7	616	2056368	1555990	1.32	41	91	0.0227	0.0024	5	133	297	5	31
DMU 6 mart	14	14	198	7	983	2073368	2146322	0.97	32	78	0.0110	0.0012	5	140	338	6	36
DMU 6 april	14	14	265	7	1419	2116368	2122794	1.00	25	55	0.0062	0.0006	5	146	321	5	34
DMU 6 maj	14	14	247	7	1052	2116368	1610017	1.31	19	44	0.0050	0.0005	4	147	343	6	36
DMU 6 jun	14	14	255	7	1003	2133368	2047608	1.04	21	51	0.0050	0.0005	4	156	385	6	40
DMU 6 jul	13	13	333	7	1127	1984348	2085931	0.95	18	44	0.0036	0.0004	3	143	357	6	37
DMU 6 avgust	13	13	272	7	971	2124348	2036477	1.04	17	52	0.0043	0.0004	4	145	436	7	44
DMU 6 septembar	13	12	218	7	791	2109348	2063552	1.02	28	67	0.0090	0.0009	4	142	332	5	34
DMU 6 oktobar	13	13	229	7	908	2074348	1873611	1.11	26	55	0.0076	0.0008	4	148	316	5	32
DMU 6 novembar	13	13	252	7	821	2081348	1721888	1.21	20	52	0.0060	0.0006	3	132	336	5	34
DMU 6 decembar	13	13	248	7	969	1984348	1793525	1.11	19	49	0.0052	0.0005	4	148	381	6	38

**Prilog 7 – Izlazni pokazatelji rada transportnih procesa DC za distribuciju pića u Srbiji**

DMU	Obim isporuke (hl)	Broj otpremljenih proizvoda	Transportovana količina (t)	Ukupno rastojanje (km)	Prostorna iskorišćenost vozila (%)	DMU	Obim isporuke (hl)	Broj otpremljenih proizvoda	Transportovana količina (t)	Ukupno rastojanje (km)	Prostorna iskorišćenost vozila (%)
DMU 1 januar	7239	71514	1254	21875	99	DMU 4 januar	4843	46133	746	12357	88
DMU 1 februar	4763	44690	770	15962	88	DMU 4 februar	3475	32849	531	9361	74
DMU 1 mart	8885	83212	1460	24119	99	DMU 4 mart	6421	57907	910	17859	86
DMU 1 april	10832	102428	1732	30624	93	DMU 4 april	6670	60421	983	21864	82
DMU 1 maj	11380	108545	1915	33890	96	DMU 4 maj	7733	70459	1157	23484	102
DMU 1 jun	9932	94181	1624	34424	113	DMU 4 jun	5398	48148	804	19383	75
DMU 1 jul	11151	106983	1727	38538	106	DMU 4 jul	9066	86051	1332	24839	112
DMU 1 avgust	10829	109376	1698	33732	98	DMU 4 avgust	8219	79619	1245	23489	99
DMU 1 septembar	6393	62289	1057	24131	94	DMU 4 septembar	5252	49904	781	18146	99
DMU 1 oktobar	5934	58404	928	22236	86	DMU 4 oktobar	4000	40865	563	10811	80
DMU 1 novembar	6616	66365	1023	20276	76	DMU 4 novembar	6434	63293	880	16647	104
DMU 1 decembar	7731	76045	1243	27166	92	DMU 4 decembar	4853	49129	734	17626	81
DMU 2 januar	15090	151764	2566	39338	99	DMU 5 januar	8323	82187	1378	26058	94
DMU 2 februar	13482	129939	2112	38630	91	DMU 5 februar	7550	71279	1156	23255	84
DMU 2 mart	21233	202349	3329	56365	96	DMU 5 mart	12649	121016	1944	34783	97
DMU 2 april	24420	234193	3906	59130	95	DMU 5 april	13552	129127	2123	43449	93
DMU 2 maj	22400	214540	3599	60922	95	DMU 5 maj	12066	116141	1957	34979	101
DMU 2 jun	25460	247889	4142	65363	105	DMU 5 jun	11959	115989	1960	38099	96
DMU 2 jul	28460	282819	4576	69144	99	DMU 5 jul	16982	168252	2665	41360	98
DMU 2 avgust	25957	274676	4173	61260	105	DMU 5 avgust	14865	153760	2355	41677	102
DMU 2 septembar	21086	207946	3473	54385	103	DMU 5 septembar	10940	110698	1711	38937	89
DMU 2 oktobar	16552	169743	2568	48529	86	DMU 5 oktobar	9574	100348	1459	31549	85
DMU 2 novembar	18730	188194	3078	49207	98	DMU 5 novembar	11319	117440	1771	33411	89
DMU 2 decembar	21359	236942	3556	54959	105	DMU 5 decembar	13132	143185	2088	39786	95
DMU 3 januar	10058	96748	1694	32135	97	DMU 6 januar	5039	48853	833	18710	80
DMU 3 februar	7774	74675	1238	27929	85	DMU 6 februar	4025	38034	630	17055	69
DMU 3 mart	11249	106331	1785	40175	88	DMU 6 mart	7048	67017	1109	27677	78
DMU 3 april	12354	117255	1975	45951	86	DMU 6 april	8928	85094	1446	38568	76
DMU 3 maj	13276	126019	2184	43727	92	DMU 6 maj	8891	84731	1455	36230	82
DMU 3 jun	11019	105193	1778	41118	81	DMU 6 jun	10209	98172	1628	39770	89
DMU 3 jul	12785	124402	2005	46326	80	DMU 6 jul	12177	118765	1921	47715	81
DMU 3 avgust	13885	137236	2216	46672	89	DMU 6 avgust	11884	118522	1890	39440	98
DMU 3 septembar	9458	92423	1482	37471	78	DMU 6 septembar	7388	72436	1177	30939	76
DMU 3 oktobar	7923	78454	1233	31379	80	DMU 6 oktobar	7320	72323	1130	33811	69
DMU 3 novembar	9759	97290	1538	37017	88	DMU 6 novembar	8547	84687	1305	33322	73
DMU 3 decembar	9560	95780	1520	35854	84	DMU 6 decembar	9325	94366	1480	36769	84

**Prilog 8 – Rezultujuće efikasnost vozila za distribuciju pića**

<i>RB</i>	<i>DMU</i>	<i>Efikasnost</i>	<i>RB</i>	<i>DMU</i>	<i>Efikasnost</i>
DMU 1	DMU 1 januar	0.4341	DMU 37	DMU 4 januar	0.3269
DMU 2	DMU 1 februar	0.3380	DMU 38	DMU 4 februar	0.2603
DMU 3	DMU 1 mart	0.4689	DMU 39	DMU 4 mart	0.3648
DMU 4	DMU 1 april	0.5125	DMU 40	DMU 4 april	0.3735
DMU 5	DMU 1 maj	0.5436	DMU 41	DMU 4 maj	0.4435
DMU 6	DMU 1 jun	0.5497	DMU 42	DMU 4 jun	0.3251
DMU 7	DMU 1 jul	0.5672	DMU 43	DMU 4 jul	0.4988
DMU 8	DMU 1 avgust	0.5361	DMU 44	DMU 4 avgust	0.4509
DMU 9	DMU 1 septembar	0.4079	DMU 45	DMU 4 septembar	0.3745
DMU 10	DMU 1 oktobar	0.3755	DMU 46	DMU 4 oktobar	0.2887
DMU 11	DMU 1 novembar	0.3600	DMU 47	DMU 4 novembar	0.4030
DMU 12	DMU 1 decembar	0.4389	DMU 48	DMU 4 decembar	0.3294
DMU 13	DMU 2 januar	0.6483	DMU 49	DMU 5 januar	0.4552
DMU 14	DMU 2 februar	0.5835	DMU 50	DMU 5 februar	0.4031
DMU 15	DMU 2 mart	0.7986	DMU 51	DMU 5 mart	0.5660
DMU 16	DMU 2 april	0.8744	DMU 52	DMU 5 april	0.6006
DMU 17	DMU 2 maj	0.8380	DMU 53	DMU 5 maj	0.5686
DMU 18	DMU 2 jun	0.9388	DMU 54	DMU 5 jun	0.5674
DMU 19	DMU 2 jul	1.0000	DMU 55	DMU 5 jul	0.6800
DMU 20	DMU 2 avgust	0.9516	DMU 56	DMU 5 avgust	0.6524
DMU 21	DMU 2 septembar	0.8193	DMU 57	DMU 5 septembar	0.5307
DMU 22	DMU 2 oktobar	0.6678	DMU 58	DMU 5 oktobar	0.4751
DMU 23	DMU 2 novembar	0.7469	DMU 59	DMU 5 novembar	0.5269
DMU 24	DMU 2 decembar	0.8490	DMU 60	DMU 5 decembar	0.6006
DMU 25	DMU 3 januar	0.5139	DMU 61	DMU 6 januar	0.3339
DMU 26	DMU 3 februar	0.4250	DMU 62	DMU 6 februar	0.2817
DMU 27	DMU 3 mart	0.5359	DMU 63	DMU 6 mart	0.3937
DMU 28	DMU 3 april	0.5704	DMU 64	DMU 6 april	0.4591
DMU 29	DMU 3 maj	0.5979	DMU 65	DMU 6 maj	0.4661
DMU 30	DMU 3 jun	0.5195	DMU 66	DMU 6 jun	0.5170
DMU 31	DMU 3 jul	0.5678	DMU 67	DMU 6 jul	0.5617
DMU 32	DMU 3 avgust	0.6132	DMU 68	DMU 6 avgust	0.5722
DMU 33	DMU 3 septembar	0.4706	DMU 69	DMU 6 septembar	0.4077
DMU 34	DMU 3 oktobar	0.4264	DMU 70	DMU 6 oktobar	0.3974
DMU 35	DMU 3 novembar	0.4993	DMU 71	DMU 6 novembar	0.4283
DMU 36	DMU 3 decembar	0.4849	DMU72	DMU 6 decembar	0.4822

**Prilog 9 – Pokazatelji rada skladišnih i transportnih podsistema 100 DC**

DMU	Br. radnika	Br. paletnih mesta	Br. vozila	Br. operacija	Br. grešaka skladište	Br. grešaka transport	DMU	Br. radnika	Br. paletnih mesta	Br. vozila	Br. operacija	Br. grešaka skladište	Br. grešaka transport	DMU	Br. radnika	Br. paletnih mesta	Br. vozila	Br. operacija	Br. grešaka skladište	Br. grešaka transport
DMU 1	13	1956	33	9221	1230.45	1312.48	DMU 36	129	4663	54	790	145.8	340.2	DMU 71	73	7334	88	5639	115.44	230.88
DMU 2	133	4084	85	1942	412.1	453.31	DMU 37	144	12259	47	4051	1266.98	1364.44	DMU 72	41	14380	95	2297	229	251.9
DMU 3	134	11468	50	9317	564.48	1128.96	DMU 38	74	9501	75	6678	322.79	446.94	DMU 73	129	12080	99	7056	904.8	974.4
DMU 4	88	12567	87	6571	309.27	333.06	DMU 39	144	6013	18	510	1239.45	1322.08	DMU 74	51	8851	62	986	910.26	980.28
DMU 5	28	7603	52	6857	324.08	648.16	DMU 40	13	13843	79	8156	337.35	359.84	DMU 75	118	11703	81	9746	237.9	261.69
DMU 6	45	8200	25	3730	298.4	596.8	DMU 41	12	1673	92	2379	564	1128	DMU 76	6	5164	80	9241	356.85	380.64
DMU 7	72	6388	99	1292	1155.44	1244.32	DMU 42	72	6214	97	4083	564	1128	DMU 77	77	13527	89	4603	337.35	449.8
DMU 8	6	3651	92	4576	1198.73	1290.94	DMU 43	65	7824	88	440	134.55	144.9	DMU 78	67	5331	59	7703	598.39	644.42
DMU 9	112	5554	57	4613	1038.15	1107.36	DMU 44	69	7735	91	9560	363.48	391.44	DMU 79	124	7376	96	692	183.2	366.4
DMU 10	65	14606	19	2716	985.2	1050.88	DMU 45	80	4014	93	1035	534.24	1068.48	DMU 80	28	7558	28	8112	1216.54	1310.12
DMU 11	17	7868	33	4999	188.11	202.58	DMU 46	129	7974	45	2249	761.93	820.54	DMU 81	143	8557	72	5861	300.43	415.98
DMU 12	85	11843	69	8387	559.5	596.8	DMU 47	49	5951	68	5043	204.9	218.56	DMU 82	43	14645	55	764	36.27	39.06
DMU 13	57	14820	60	8170	262.56	525.12	DMU 48	99	6198	71	7615	128.18	138.04	DMU 83	30	9962	56	6960	1074.19	1156.82
DMU 14	114	7857	89	6097	484.9	522.2	DMU 49	81	6377	60	8997	264.6	282.24	DMU 84	52	14225	100	8203	208.8	765.6
DMU 15	59	5158	73	7661	264.6	282.24	DMU 50	69	2461	66	9161	619.65	660.96	DMU 85	90	10136	31	533	853.84	919.52
DMU 16	43	8070	72	2756	565.84	1131.68	DMU 51	96	14299	41	9456	103.8	110.72	DMU 86	87	1881	43	1447	1074.19	1156.82
DMU 17	41	12756	81	3033	27.9	30.69	DMU 52	34	13072	51	1443	461.3	507.43	DMU 87	71	14007	54	2483	661.04	1322.08
DMU 18	45	7699	69	8888	104.4	114.84	DMU 53	144	10436	74	7050	252.46	271.88	DMU 88	138	7042	39	4131	123.93	454.41
DMU 19	8	13272	37	4434	408.3	612.45	DMU 54	46	3606	96	1891	271.6	298.76	DMU 89	43	9561	27	2290	945.6	1040.16
DMU 20	17	11572	30	8263	413.4	440.96	DMU 55	87	8626	30	5102	183.2	366.4	DMU 90	64	9137	73	9358	264.6	282.24
DMU 21	6	3669	91	9732	128.18	138.04	DMU 56	22	6457	69	5381	904.8	974.4	DMU 91	127	10736	86	1366	165.36	385.84
DMU 22	100	5706	71	8765	364.6	401.06	DMU 57	120	14388	84	3646	700.2	770.22	DMU 92	144	7166	44	3034	690.45	736.48
DMU 23	51	10819	43	1044	283.65	302.56	DMU 58	27	11599	41	3056	668.6	735.46	DMU 93	106	10806	43	1710	184.88	369.76
DMU 24	39	13512	59	3225	181.98	424.62	DMU 59	102	3542	30	4143	1242.8	1338.4	DMU 94	49	8444	37	4600	690	736
DMU 25	96	14223	85	8036	394.29	545.94	DMU 60	110	5030	42	7002	79	86.9	DMU 95	75	3351	16	2796	231.09	847.33
DMU 26	24	11586	100	4121	1169.61	1259.58	DMU 61	134	10510	18	8630	1050.3	1120.32	DMU 96	59	4211	86	4804	408.16	1020.4
DMU 27	37	9387	50	1764	553.26	1290.94	DMU 62	15	9920	29	7589	526.63	567.14	DMU 97	32	6701	26	6568	183.36	427.84
DMU 28	71	12287	67	2430	258	516	DMU 63	147	10729	43	6194	408.16	816.32	DMU 98	148	12835	30	7073	1198.73	1290.94
DMU 29	28	14508	81	5688	985.65	1051.36	DMU 64	72	14169	21	1447	231.1	254.21	DMU 99	147	12954	46	3530	482.16	1125.04
DMU 30	85	13487	42	7687	933.45	995.68	DMU 65	45	6963	56	6921	423.54	988.26	DMU 100	127	8054	43	6223	328.2	361.02
DMU 31	141	14080	35	7059	756.48	1891.2	DMU 66	39	13645	23	3282	663.26	714.28							
DMU 32	39	9763	35	2070	248.58	580.02	DMU 67	69	14382	17	7002	985.65	1051.36							
DMU 33	128	2110	96	2311	1223.4	1304.96	DMU 68	128	11696	22	6686	276	644							
DMU 34	91	4397	71	1443	204.9	273.2	DMU 69	136	3663	42	7847	1461.9	1559.36							
DMU 35	146	11163	98	279	945.6	1040.16	DMU 70	107	8106	51	8287	256.5	273.6							

**Prilog 10 – Rezultujuće efikasnosti DC, skladišnih i transportnih podsistema**

	10%			20%			50%		
	DC	Skladište	Transport	DC	Skladište	Transport	DC	Skladište	Transport
DMU 1	2.000	1.000	1.000	2.000	1.000	1.000	2.000	1.000	1.000
DMU 2	0.349	0.249	0.101	0.349	0.249	0.100	0.352	0.245	0.107
DMU 3	0.425	0.172	0.253	0.402	0.191	0.211	0.554	0.172	0.382
DMU 4	0.357	0.160	0.198	0.344	0.160	0.184	0.428	0.157	0.272
DMU 5	0.646	0.258	0.388	0.611	0.258	0.353	0.737	0.262	0.475
DMU 6	0.433	0.182	0.252	0.421	0.182	0.240	0.498	0.182	0.316
DMU 7	0.123	0.067	0.056	0.122	0.066	0.056	0.124	0.068	0.056
DMU 8	0.941	0.471	0.470	0.941	0.470	0.470	0.942	0.471	0.470
DMU 9	0.412	0.190	0.222	0.398	0.193	0.205	0.430	0.186	0.244
DMU 10	0.203	0.052	0.152	0.199	0.052	0.147	0.230	0.052	0.178
DMU 11	0.843	0.221	0.622	0.815	0.221	0.594	0.994	0.221	0.773
DMU 12	0.392	0.171	0.221	0.373	0.171	0.202	0.499	0.150	0.349
DMU 13	0.409	0.155	0.255	0.387	0.155	0.232	0.526	0.155	0.371
DMU 14	0.422	0.199	0.223	0.409	0.203	0.206	0.436	0.200	0.236
DMU 15	0.844	0.432	0.412	0.841	0.429	0.412	0.852	0.440	0.412
DMU 16	0.223	0.115	0.108	0.215	0.116	0.098	0.256	0.114	0.142
DMU 17	2.000	1.000	1.000	2.000	1.000	1.000	2.000	1.000	1.000
DMU 18	1.046	0.504	0.541	1.018	0.508	0.510	1.156	0.503	0.653
DMU 19	0.791	0.342	0.449	0.742	0.264	0.478	0.962	0.314	0.649
DMU 20	0.832	0.298	0.535	0.788	0.296	0.492	1.058	0.300	0.759
DMU 21	2.000	1.000	1.000	2.000	1.000	1.000	2.000	1.000	1.000
DMU 22	0.785	0.372	0.413	0.766	0.383	0.384	0.798	0.385	0.413
DMU 23	0.298	0.123	0.176	0.297	0.123	0.174	0.305	0.123	0.182
DMU 24	0.281	0.140	0.142	0.276	0.163	0.113	0.317	0.121	0.195
DMU 25	0.330	0.150	0.181	0.315	0.150	0.166	0.410	0.149	0.262
DMU 26	0.308	0.126	0.182	0.290	0.126	0.164	0.332	0.126	0.207
DMU 27	0.158	0.081	0.078	0.153	0.081	0.073	0.188	0.063	0.125
DMU 28	0.219	0.111	0.108	0.214	0.111	0.103	0.246	0.110	0.136
DMU 29	0.349	0.141	0.208	0.329	0.141	0.188	0.426	0.141	0.285
DMU 30	0.323	0.121	0.202	0.306	0.121	0.185	0.413	0.121	0.292
DMU 31	0.271	0.106	0.165	0.257	0.118	0.139	0.351	0.106	0.245
DMU 32	0.295	0.162	0.133	0.292	0.164	0.128	0.321	0.136	0.185
DMU 33	0.289	0.209	0.080	0.280	0.200	0.080	0.312	0.231	0.080
DMU 34	0.562	0.414	0.148	0.557	0.411	0.146	0.563	0.414	0.149
DMU 35	0.059	0.035	0.024	0.059	0.035	0.023	0.061	0.035	0.025
DMU 36	0.661	0.527	0.134	0.659	0.527	0.132	0.669	0.527	0.141
DMU 37	0.191	0.070	0.121	0.182	0.078	0.104	0.243	0.070	0.173
DMU 38	0.441	0.210	0.231	0.422	0.210	0.212	0.524	0.204	0.320
DMU 39	0.157	0.047	0.110	0.155	0.047	0.108	0.169	0.047	0.121

### Nastavak Priloga 10

DMU 40	0.870	0.387	0.483	0.821	0.387	0.434	0.996	0.349	0.647
DMU 41	0.609	0.477	0.132	0.603	0.467	0.136	0.633	0.461	0.172
DMU 42	0.330	0.182	0.148	0.328	0.181	0.147	0.333	0.186	0.148
DMU 43	0.508	0.336	0.172	0.507	0.336	0.171	0.510	0.336	0.173
DMU 44	0.664	0.312	0.353	0.635	0.314	0.321	0.685	0.313	0.372
DMU 45	0.231	0.182	0.049	0.230	0.182	0.048	0.234	0.180	0.053
DMU 46	0.217	0.092	0.125	0.209	0.092	0.117	0.249	0.089	0.160
DMU 47	0.682	0.339	0.342	0.664	0.344	0.320	0.713	0.351	0.362
DMU 48	0.975	0.507	0.468	0.963	0.502	0.462	1.012	0.514	0.498
DMU 49	0.854	0.399	0.455	0.826	0.404	0.422	0.925	0.388	0.537
DMU 50	1.167	0.708	0.458	1.127	0.669	0.458	1.285	0.821	0.464
DMU 51	0.910	0.283	0.627	0.893	0.283	0.610	1.002	0.283	0.720
DMU 52	0.168	0.046	0.123	0.165	0.059	0.106	0.190	0.040	0.150
DMU 53	0.483	0.217	0.266	0.466	0.217	0.248	0.546	0.201	0.344
DMU 54	0.528	0.393	0.135	0.525	0.396	0.129	0.533	0.398	0.135
DMU 55	0.595	0.260	0.335	0.579	0.260	0.319	0.678	0.260	0.419
DMU 56	0.580	0.246	0.334	0.562	0.246	0.316	0.580	0.246	0.334
DMU 57	0.165	0.072	0.093	0.158	0.072	0.087	0.199	0.071	0.129
DMU 58	0.274	0.090	0.185	0.262	0.090	0.172	0.340	0.090	0.250
DMU 59	0.593	0.269	0.324	0.578	0.277	0.301	0.617	0.261	0.356
DMU 60	1.762	1.000	0.762	1.743	1.000	0.743	1.873	0.988	0.885
DMU 61	0.498	0.174	0.324	0.474	0.174	0.299	0.628	0.174	0.454
DMU 62	0.837	0.310	0.527	0.792	0.308	0.484	1.070	0.311	0.758
DMU 63	0.362	0.163	0.199	0.347	0.163	0.183	0.445	0.163	0.281
DMU 64	0.529	0.116	0.413	0.528	0.116	0.412	0.536	0.114	0.422
DMU 65	0.545	0.269	0.276	0.519	0.269	0.250	0.677	0.265	0.413
DMU 66	0.279	0.076	0.203	0.267	0.076	0.191	0.340	0.076	0.264
DMU 67	0.356	0.123	0.233	0.338	0.103	0.234	0.456	0.123	0.333
DMU 68	0.469	0.181	0.288	0.454	0.181	0.273	0.551	0.181	0.369
DMU 69	0.878	0.406	0.472	0.866	0.410	0.456	0.896	0.424	0.472
DMU 70	0.703	0.307	0.396	0.676	0.307	0.369	0.822	0.297	0.525
DMU 71	0.690	0.468	0.223	0.679	0.457	0.223	0.739	0.448	0.291
DMU 72	0.236	0.119	0.118	0.234	0.118	0.116	0.256	0.093	0.163
DMU 73	0.298	0.123	0.175	0.283	0.124	0.159	0.359	0.128	0.230
DMU 74	0.111	0.050	0.061	0.108	0.050	0.058	0.126	0.049	0.077
DMU 75	0.541	0.243	0.299	0.519	0.243	0.277	0.643	0.234	0.408
DMU 76	1.921	0.950	0.971	1.911	0.950	0.961	1.943	0.950	0.993
DMU 77	0.250	0.116	0.134	0.241	0.116	0.125	0.298	0.114	0.183
DMU 78	0.730	0.338	0.392	0.700	0.342	0.358	0.771	0.335	0.435
DMU 79	0.336	0.266	0.070	0.335	0.266	0.069	0.339	0.266	0.073
DMU 80	0.741	0.306	0.435	0.698	0.306	0.392	0.972	0.306	0.665
DMU 81	0.449	0.218	0.231	0.437	0.221	0.216	0.481	0.204	0.277
DMU 82	1.699	0.699	1.000	1.697	0.697	1.000	1.700	0.700	1.000
DMU 83	0.523	0.217	0.306	0.493	0.217	0.276	0.641	0.217	0.424
DMU 84	0.402	0.166	0.236	0.379	0.166	0.213	0.468	0.177	0.291

### Nastavak Priloga 10

DMU 85	0.127	0.045	0.082	0.126	0.045	0.081	0.131	0.037	0.094
DMU 86	0.355	0.236	0.119	0.352	0.232	0.119	0.366	0.247	0.119
DMU 87	0.131	0.059	0.072	0.126	0.059	0.068	0.156	0.059	0.097
DMU 88	0.647	0.450	0.197	0.639	0.450	0.189	0.713	0.397	0.316
DMU 89	0.205	0.071	0.133	0.198	0.071	0.127	0.250	0.063	0.187
DMU 90	0.639	0.292	0.347	0.612	0.292	0.320	0.763	0.286	0.478
DMU 91	0.286	0.207	0.079	0.285	0.207	0.078	0.295	0.207	0.088
DMU 92	0.294	0.128	0.166	0.283	0.128	0.155	0.333	0.121	0.213
DMU 93	0.342	0.189	0.153	0.340	0.189	0.151	0.353	0.186	0.167
DMU 94	0.352	0.144	0.208	0.338	0.144	0.194	0.438	0.127	0.311
DMU 95	0.814	0.458	0.356	0.792	0.458	0.334	0.933	0.458	0.474
DMU 96	0.531	0.334	0.197	0.528	0.331	0.197	0.538	0.341	0.197
DMU 97	0.802	0.376	0.426	0.776	0.376	0.400	0.941	0.376	0.565
DMU 98	0.318	0.117	0.201	0.302	0.117	0.185	0.405	0.117	0.288
DMU 99	0.196	0.089	0.106	0.188	0.089	0.099	0.234	0.089	0.145
DMU 100	0.557	0.236	0.321	0.536	0.236	0.301	0.654	0.231	0.423

Прилог 1.

## Изјава о ауторству

Потписани-а Милан Андрејић

број индекса D-II-03/08

### Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Модели мерења и унапређења ефикасности логистичких процеса дистрибуције производа

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанта

У Београду, 19.02.2015.

Милан Андрејић



Прилог 2.

## Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Милан Андрејић

Број индекса D-II-03/08

Студијски програм Логистика

Наслов рада Модели мерења и унапређења ефикасности логистичких процеса  
дистрибуције производа

Ментор \_\_\_\_\_

Потписани/а Милан Андрејић

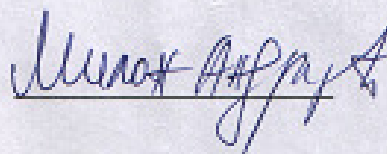
Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанта

У Београду, 19.02.2015.



Прилог 3.

### Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Модели мерења и унапређења ефикасности логистичких процеса дистрибуције производа

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

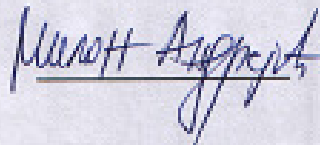
Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанта

У Београду, 19.02.2015.



1. Ауторство - Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. Ауторство – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.