

ANALIZA EVROPSKOG TRŽIŠTA TRANSPORTA ROBE I EFIKASNOSTI ŽELJEZNIČKIH OPERATORA¹

ANALYSIS OF EUROPEAN TRANSPORTATION OF GOODS MARKET AND EFFICIENCY OF RAILWAY OPERATORS

Datum prijema rada: 26.11.2017. god.
UDK: 656.1/.2(082)(0.034.4)

REZIME

Udio transporta željeznicom, kao jednim od tradicionalnih vidova kopnenog transporta robe, počeo je da bilježi pad šezdesetih godina dvadesetog vijeka. Ovaj trend je nastavljen sve do početka 21. vijeka, kada počinju da se vide rezultati manje ili više uspješnih mjera, sprovedenih u cilju povećanja udjela željeznice na otvorenom tržištu transporta robe. Željeznički operatori kao nezaobilazni akteri funkcionisanja željezničkog transporta, u uslovima otvorenog tržišta posluju u konkurentnom okruženju. Shodno tome operatori moraju kontinuirano da se prilagođavaju dinamičnim uslovima na tržištu, kako bi ostvarili opstanak na istom. Položaj operatora na tržištu transporta u velikoj mjeri zavisi od njegovih performansi. Mjerenje kvaliteta performansi vrši se na osnovu pokazatelja učinka željezničkih operatora. Pokazatelji učinka predstavljaju mjerljive vrijednosti pojedinačnih performansi koji u cjelini odražavaju kvalitet rada operatora. Jedan od najvažnijih pokazatelja učinka operatora je efikasnost. U ovom radu je izvršena analiza tržišta transporta robe na području EU, sa osvrtom na položaj željeznice na ovom tržištu. Izvršena je analiza efikasnosti odabranih željezničkih operatora u transportu robe iz zemalja EU, metodom DEA analize. Dobijeni rezultati mogu biti iskorišćeni kao smjernice za unapređenje efikasnosti drugih željezničkih operatora. **Ključne riječi:** željeznički operatori, pokazatelji učinka, tržište transporta robe, efikasnost, DEA analiza.

SUMMARY

The share of rail transport, as one of the traditional forms of land transport, began to record a decline in the sixties of the twentieth century. This trend continued until the beginning of the 21st century, when the results of more or less successful measures, undertaken in order to increase the share of railways in the open transport market, began to appear. Railways operators as unavoidable actors of rail transportation functioning, in conditions of open market do their business in competitive surrounding. Consequently operators have to continuously adjust to dynamic market conditions, in order to achieve survival on it. Position of operators on transportation market to a great extent depends of their performances. Measure of quality of performances is done in accordance with performance indicators of railway operators. Performance indicators represent measurable values of individual performances which as a whole reflect operator's quality of work. One of the most important operator performance indicators is efficiency. In this paper it is performed analysis of transportation of goods market in EU area, with review of railways position on this market. It is performed analysis of efficiency of selected railway operators in transportation of goods from EU countries by DEA analysis method. Obtained results can be used as directions for improvement of efficiency of railway operators. **Key words:** railway operators, performance indicators, transportation of goods market, efficiency, DEA analysis.

* Aleksandra Gojić, mast. inž. saob, Saobraćajni fakultet Beograd, Vojvode Stepe 305, gojic.aleksandra@gmail.com

¹ Ovaj rad je u skraćenoj verziji prezentovan na VI međunarodnom simpozijumu Novi Horizonti saobraćaja i komunikacija 2017. koji je održan 17. i 18. novembra 2017. godine na Saobraćajnom fakultetu u Doboju Univerziteta u Istočnom Sarajevu pod naslovom: Efikasnost – ključni pokazatelj operatora u prevozu robe (Efficiency – Key performance indicator in transportation of goods)

1. UVOD

U većini evropskih zemalja, najveći operatori su ili pod državnom ingerencijom ili su nekad bili. U većini slučajeva na osnovu ove činjenice se može sagledati i učešće operatora kako na nacionalnom tržištu tako i na evropskom tržištu. Operatori koji su nastali iz tradicionalnih preduzeća, u najvećem broju zemalja imaju značajan kolski i lokomotivski park, ljudske resurse i drugo pa su samim tim i u prednosti u odnosu na druge učesnike na tržištu.

Položaj operatora na tržištu transporta u velikoj mjeri zavisi od njegovih performansi. Mjerenje kvaliteta performansi se vrši na osnovu pokazatelja rada željezničkih operatora. Pokazatelji rada upravo i predstavljaju mjerljive indikatore pojedinačnih performansi, koji u cjelini odražavaju kvalitet rada operatora. Pokazatelji rada operatora su od velikog značaja kako bi se kroz praćenje performansi sagledalo stanje na liberalizovanom tržištu. Implementacija smjernica datih kroz EU regulativu omogućava da se formira konkurencija među željezničkim operatorima, što utiče na poboljšanje njihovih performansi a samim tim i na poboljšanje transportne usluge [2]. Jedan od pokazatelja otvorenosti tržišta je udio novih učesnika na tržištu i udio istorijskih željezničkih operatora na istom [9].

Pokazatelji rada nisu važni samo za operatore, nego i za ostale zainteresovane učesnike (stakeholder) na željezničkom tržištu. Tako na primjer regulatorna tijela prikupljaju pokazatelje učinka od operatora kako bi imala cjelovit uvid u stanje cjelokupnog željezničkog sistema zemlje. Kako bi se na zadovoljavajući način moglo pratiti i procjenjivati stanje na tržištu, neophodno je definisati univerzalne pokazatelje rada, koji bi bili mjerljivi i reprezentativni za sva regulatorna tijela u Evropi i sva nacionalna tržišta. Univerzalni pokazatelji rada predstavljaju bitan element praćenja stanja tržišta za regulatorna tijela. Na osnovu ovih pokazatelja moguće je mjeriti efikasnost, efektivnost i produktivnost učesnika na tržištu. DEA analiza kao optimizacioni alat predstavlja pogodnu tehniku za procjenu relativne efikasnosti učesnika na tržištu.

2. ANALIZA EVROPSKOG TRŽIŠTA TRANSPORTA ROBE

Od kraja šezdesetih godina dvadesetog vijeka, evropske željeznice su počele da bilježe pad u

transportu kako putnika tako i robe. Rastuća popularnost drumskog i vazdušnog transporta za željeznicu je bila novonastala okolnost, kojoj se željezničke kompanije širom Evrope nisu najbolje prilagodile. S obzirom da je udio transporta robe željeznicom u narednim godinama dvadesetog vijeka padao, javljale su se brojne inicijative da se željeznički sektor modernizuje i da se u većoj mjeri iskoristi njegov potencijal.

Željeznički transport robe u Evropi je u poslednjim decenijama bio u padu, što je posebno bilo uočljivo u transportu robe. Udio transporta robe željeznicom u Evropi je pao sa 32,6% u 1970. godini na samo 16,7% u 2006. godini [1]. U istom periodu se drumski transport robe utrostručio. Pad transporta robe željeznicom je u poslednjih deset godina zaustavljen.

Od značaja je analizirati procentualna učešća različitih vidova transporta robe u periodu od 2005 – 2014, kako bi se uočile njihove oscilacije. Na slici 1. prikazani su procenti ukupnih neto-tonskih kilometara ostvarenih u različitim vidovima transporta za navedeni period.



Slika 1. Procent ostvarenih neto-tonskih kilometara u željezničkom, riječnom i drumskom transport [4]

Ukupna aktivnost u smislu transporta robe unutar EU u 2014. godini iznosila je približno 3524 milijardi tonskih kilometara [3]. Učešće željezničkog transporta u ukupnom transportu robe unutar EU je 12,05% ili 411 milijardi tonskih kilometara.

Drumski transport robe u EU dominira kroz cijeli posmatrani period, gdje je otprilike ostvareno oko 1/2 ukupnog transporta po posmatranim vidovima. Ipak kroz posmatrani period uočava se blagi pad drumskog transporta. Željeznički transport sa druge strane kroz posmatrani period bilježi blagi rast uz značajniji pad u 2009. Može se primjetiti da je udio željezničkog transporta na nivou između 10% i 12%. Vidljivo je da je udio

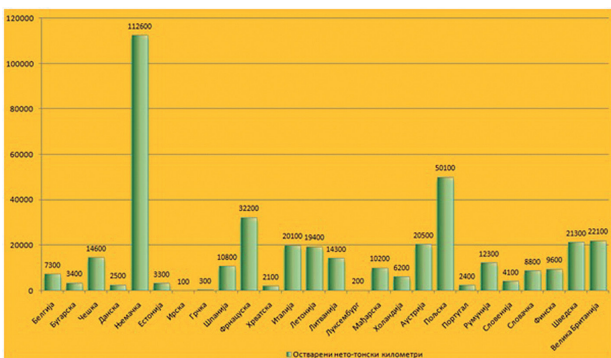
riječnog transporta robe u EU za posmatrani period relativno stabilan, iako se primjećuje neznatan rast.

Evropska unija kroz svoju legislativu nastoji da smanji emisiju ugljen dioksida. Riječni i uopšte vodni transport predstavlja jednu od ekološki prihvatljivih alternativa. Povećanje učešća vodnog transporta u ukupnom transportu robe takođe je moguće ostvariti kroz kombinovani transport, u kojem se koriste prednosti svih vidova transporta koji učestvuju u transportnom lancu.

Transport robe željeznicom u zemljama članicama EU nije ujednačen. Razlozi su mnogobrojni: geografski položaj, razvijenost privrede posmatrane zemlje, površina zemlje itd. Tržište transporta robe željeznicom moguće je sagledati kroz više različitih pokazatelja.

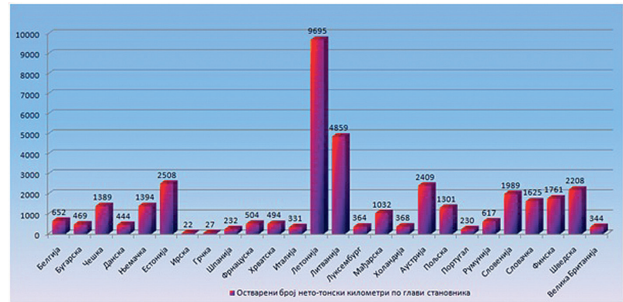
Na slici 2. prikazani su podaci o ostvarenim neto-tonskim kilometrima po zemljama članicama EU za 2014. godinu, pri čemu su prikazani podaci u milionima neto-tonskih kilometara. Ovaj pokazatelj najbolje odražava ostvareni obim prevoza robe, jer na osnovu njega operator ubire prihode za svoje poslovanje.

Sa slike 2. se uočava da je najveći obim transporta u 2014. godini ostvaren u Njemačkoj, Poljskoj, Francuskoj i Velikoj Britaniji. Ovo je na neki način i logično s obzirom da su pobrojane zemlje najveće u Evropi i sa najrazvijenijim privredama. Takođe u ovim zemljama rade i najveći operatori u transportu robe. Te kroz tri od četiri nabrojane zemlje prolaze neki od glavnih koridora za teretni transport.



Slika 2. Ostvareni neto-tonski kilometri u željezničkom transportu [4]

Kako bi se na najbolji način prikazala situacija u vezi sa transportom robe željeznicom po zemljama dat je pregled ostvarenih tonskih kilometara po glavi stanovnika na slici 3.



Slika 3. Ostvareni neto-tonski kilometri po glavi stanovnika

Najveći ostvareni broj neto-tonskih kilometara po glavi stanovnika imaju Letonija, Litvanija, Estonija i Austrija, respektivno. Pribaltičke zemlje imaju visok intenzitet transporta robe najviše zbog toga što kroz njih prolazi Rail Baltica koridor. Ovaj koridor predstavlja jedinu željezničku vezu ovih zemalja sa skandinavskim zemljama i centralnom Evropom. Rail Baltica takođe povezuje tri glavne baltičke morske luke i to Helsinki u Finskoj, Talin u Letoniji i Rigu u Estoniji. Takođe se uočava da je Austrija zemlja sa vrlo visokim ostvarenim tonskim kilometrima po glavi stanovnika [8]. Jedan od razloga je taj što kroz ovu zemlju prolaze tri od devet glavnih evropskih koridora za transport robe.

Tabela 1. prikazuje podatke o učešćima operatora nastalih od tradicionalnih željezničkih preduzeća u ukupnom teretnom transportu željeznicom za 2014. godinu. Uzeti su u razmatranje operatori iz deset zemalja članica EU koje se razlikuju po veličini i stepenu privrednog razvoja, kako bi se uočile razlike u udjelima na tržištu.

Uočava se da velika većina država i dalje favorizuje tradicionalne operatore, (nastale iz tradicionalnih

Tabela 1. Učešće nekih teretnih operatora na nacionalnom tržištu

Red. br.	Država	Operatori u transportu robe	Ostvareni broj ntkm u 2014. godini	Učešće na nacionalnom tržištu u %
1	Bugarska	BDZ	1778	52,29%
2	Češka Republika	CD Cargo	9871	67,61%
3	Španija	RENFE	7557	69,97%
4	Italija	Trenitalia S.P.A Cargo	10322	51,35%
5	Rumunija	CFR Marfa	5327	40,31%
6	Letonija	LDZ	15257	78,64%
7	Poljska	PKP Cargo	32017	63,91%
8	Slovenija	SZ	3847	43,31%
9	Slovačka	ZSSK Cargo	6888	78,28%
10	Francuska	SNCF	21896	68,00%

željezničkih preduzeća) i oni i dalje imaju najveći obim poslovanja. Stoga će u nastavku biti razmatrana efikasnost operatora navedenih u tabeli 1.

3. ANALIZA OBAVIJANJA PODATAKA (DEA)

DEA (DATA ENVELOPMENT ANALYSIS) je tehnika matematičkog programiranja kojom se utvrđuje relativna efikasnost jedinica uključenih u analizu. Jedinice odlučivanja DMU (Decision Making Units) su organizacione jedinice o kojima se odlučuje, čiju efikasnost treba procijeniti [9]. Jedinice odlučivanja u ovom radu su željeznički operatori. Na osnovu rezultata ovakve analize može se odrediti koliko su pojedine jedinice o kojima se odlučuje – DMU neefikasne u odnosu na jedinice koje su efikasne. Efikasnost jedinice odlučivanja mjeri se kao odnos izlaza prema ulazu, odnosno količine ostvarenog rezultata u odnosu na uložene resurse. S tim u vezi jasno je da ulazi predstavljaju resurse željezničkog operatora koje on mora uložiti da bi ostvario željeni rad. To mogu biti, dužina kolosjeka, broj radnika, veličina transportne mreže pruga, troškovi poslovanja, osnovna i obrtna sredstva i sl. S druge strane izlazi predstavljaju veličine na osnovu kojih kompanije ostvaruju dobit. To mogu biti ostvaren koristan rad, bruto prihod, neto dobit, ostvareni neto-tonski kilometri, ostvareni putnički kilometri itd.

DEA analiza polazi od formulacije matematičkih modela nelinearnog (frakcionog) programiranja za svaku jedinicu odlučivanja. Cilj svakog od modela jeste odrediti težinske koeficijente ulaza i izlaza koji omogućavaju da se maksimizira efikasnost razmatrane jedinice odlučivanja. Efikasnost svake jedinice odlučivanja se određuje kao odnos težinske sume izlaza i težinske sume ulaza.

$$Efikasnost = \frac{težinska_suma_izlaza}{težinska_suma_ulaza} \quad (1)$$

Označimo sa θ_i efikasnost i -te jedinice odlučivanja, pri čemu je $i=1...n$. Ako sa u_j označimo težinske koeficijente ulaza, a sa v_k težinske koeficijente izlaza, pri čemu j označava broj ulaza koji se razmatraju, a k označava broj izlaza koji se razmatraju, te ako sa μ_{ij} označimo vrijednosti ulaza koje su poznate, a sa η_{ik} vrijednosti izlaza koje su poznate, tada se efikasnost za i -tu jedinicu odlučivanja dobija kao

$$\theta_i = \frac{\eta_{i1}v_1 + \eta_{i2}v_2 + \dots + \eta_{ik}v_k}{\mu_{i1}u_1 + \mu_{i2}u_2 + \dots + \mu_{ij}u_j} \quad (2)$$

Matematički model frakcionog programiranja kojim se maksimizira efikasnost razmatrane jedinice odlučivanja je u tom slučaju

$$\max \theta_i = \frac{\eta_{i1}v_1 + \eta_{i2}v_2 + \dots + \eta_{ik}v_k}{\mu_{i1}u_1 + \mu_{i2}u_2 + \dots + \mu_{ij}u_j}, \quad (3)$$

$$i = 1 \dots n$$

pri ograničenjima

$$\frac{\eta_{l1}v_1 + \eta_{l2}v_2 + \dots + \eta_{lk}v_k}{\mu_{l1}u_1 + \mu_{l2}u_2 + \dots + \mu_{lj}u_j} \leq 1 \quad (4)$$

$$(l = 1 \dots n)$$

$$u_1, u_2 \dots u_j \geq 0 \quad (5)$$

$$v_1, v_2 \dots v_k \geq 0 \quad (6)$$

Modele frakcionog programiranja nije jednostavno rješavati. Stoga se, kako bi se modeli pojednostavili i sveli na jednostavnije modele linearnog programiranja, pri čemu se ne gubi na opštosti, uvodi pretpostavka da je težinska suma ulaza razmatrane jedinice odlučivanja jednaka 1. To praktično znači da se uvodi novo ograničenje u model

$$\mu_{i1}u_1 + \mu_{i2}u_2 + \dots + \mu_{ij}u_j = 1 \quad (7)$$

Funkcija cilja uvođenjem novog ograničenja postaje

$$\max \theta_i = \eta_{i1}v_1 + \eta_{i2}v_2 + \dots + \eta_{ik}v_k \quad (8)$$

$$i = 1 \dots n$$

Osim toga, skup ograničenja je takođe potrebno prevesti sa frakcionog na linearni oblik, što se postiže množenjem odgovarajućih nejednačina imeniocima. Transformisani skup ograničenja postaje

$$\eta_{l1}v_1 + \eta_{l2}v_2 + \dots + \eta_{lk}v_k \leq \mu_{l1}u_1 + \mu_{l2}u_2 + \dots + \mu_{lj}u_j \quad (9)$$

$$(l = 1 \dots n)$$

odnosno

$$\eta_{l1}v_1 + \eta_{l2}v_2 + \dots + \eta_{lk}v_k - \mu_{l1}u_1 - \mu_{l2}u_2 - \dots - \mu_{lj}u_j \leq 0 \quad (l = 1 \dots n) \quad (10)$$

Konačno, transformisani model frakcionog programiranja moguće je zapisati u obliku linearnog programiranja na sledeći način

$$\max \theta_i = \eta_{i1}v_1 + \eta_{i2}v_2 + \dots + \eta_{ik}v_k \quad (11)$$

$$i = 1 \dots n$$

pri ograničenjima

$$\mu_{i1}u_1 + \mu_{i2}u_2 + \dots + \mu_{ij}u_j = 1 \quad (12)$$

$$\eta_{l1}v_1 + \eta_{l2}v_2 + \dots + \eta_{lk}v_k - \mu_{l1}u_1 - \mu_{l2}u_2 - \dots - \mu_{lj}u_j \leq 0 \quad (13)$$

($l = 1 \dots n$)

odnosno, ako pomnožimo gornji izraz sa (-1) dobijamo:

$$\mu_{l1}u_1 + \mu_{l2}u_2 + \dots + \mu_{lj}u_j - \eta_{l1}v_1 - \eta_{l2}v_2 - \dots - \eta_{lk}v_k \geq 0 \quad (14)$$

($l = 1 \dots n$)

$$u_1, u_2 \dots u_j \geq 0 \quad (15)$$

$$v_1, v_2 \dots v_k \geq 0 \quad (16)$$

Optimizacijom dobijenih modela linearnog programiranja za svaku jedinicu odlučivanja dobijaju se njihove relativne efikasnosti. Analizom relativnih efikasnosti mogu se dobiti inputi za benchmarking analizu jedinica odlučivanja, kako bi se odredile mjere za unaprijeđenje neefikasnih jedinica odlučivanja. Za više detalja o benchmarking analizi efikasnosti, vidjeti [6].

4. ANALIZA EFIKASNOSTI TERETNIH OPERATORA

Efikan željeznički sistem između ostalog karakterišu efikasni željeznički operatori. Efikasnost željezničkih operatora moguće je sagledati kroz finansijske pokazatelje, pokazatelje učinka/rada i sl. Vrlo često su statistički podaci o željezničkom sektoru veliki problem za dubinsku analizu efikasnosti [7]. Stoga je neophodno birati i adekvatan pristup i adekvatne pokazatelje, kako bi se na kvalitetan način analizirala efikasnost. Bez obzira na pristup u mjerenju efikasnosti, jasno je da su najefikasniji oni operatori koji sa što manje uloženi sredstava ostvaruju što je moguće veće rezultate. Najefikasniji željeznički operatori u transportu robe mogu poslužiti drugim željezničkim preduzećima kao „zlatni standard“, na osnovu kojeg bi trebalo izvršiti reorganizaciju.

U nastavku su dati rezultati analize efikasnosti odabranih evropskih državnih operatora u transportu robe. Državni željeznički operatori su uzeti u razmatranje zbog vodećih pozicija koje još uvijek imaju na većini nacionalnih tržišta.

4.1. Matematički modeli za analizu efikasnosti željezničkih operatora

U razmatranje su uzeti sljedeći državni operatori u transportu tereta: BDZ Cargo, CD Cargo, RENFE, Trenitalia S.P.A. Cargo, CFR Marfa, LDZ, PKP Cargo, SZ, ZSSK Cargo, SNCF. Ovi operatori su odabrani za analizu kako bi se ispitala efikasnost rada operatora iz zemalja različite veličine i razvijenosti tržišta. Tabela 2. prikazuje podatke za operatore u teretnom transportu koji su predmet ispitivanja. Podaci su preuzeti iz godišnjih izvještaja ovih operatora.

Tabela 2. Podaci o teretnim operatorima

Red. broj	N a z i v operatora	Broj zaposlenih	Kolski park	Ostvareni broj neto-tonskih kilometara
1	BDZ	3253	4800	1778000000
2	CD Cargo	7998	27000	9871000000
3	RENFE	14785	12200	7557000000
4	Trenitalia S.P.A Cargo	69425	40000	10322000000
5	LDZ	2797	7011	15257000000
6	SZ	7740	3142	3847000000
7	PKP Cargo	23290	67000	32017000000
8	CFR Marfa	6400	36821	5327000000
9	ZSSK Cargo	6332	13442	6888000000
10	SNCF	7000	10000	21896000000

Efikasnost je mjerena u odnosu na dva ulaza i jedan izlaz, pri čemu su ulazi broj radnika i broj kola u vlasništvu ovih operatora, a izlaz je godišnji broj ostvarenih neto-tonskih kilometara.

Za analizu je potrebno postaviti matematičke modele za svakog od operatora (jedinica odlučivanja).

U_1 – Prvi ulaz (broj radnika)

U_2 – Drugi ulaz (broj teretnih kola)

I_1 – Izlaz (ostvoreni broj neto-tonskih kilometara).

Matematički modeli za razmatrane operatore:

CFL Cargo

Funkcija cilja

$$\max F = 913000000 \cdot I_1 \quad (17)$$

pri ograničenju

$$1180U_1 + 4000U_2 = 1 \quad (18)$$

te grupom ograničenja zajedničkih za sve modele:

$$\begin{aligned}
 &1180U_1 + 4000U_2 - 913000000I_1 \geq 0 \\
 &7998U_1 + 27000U_2 - 9871000000I_1 \geq 0 \\
 &14785U_1 + 12200U_2 - 7557000000I_1 \geq 0 \\
 &69425U_1 + 40000U_2 - 10322000000I_1 \geq 0 \\
 &10646U_1 + 9202U_2 - 14307000000I_1 \geq 0 \\
 &230U_1 + 92U_2 - 433000000I_1 \geq 0 \\
 &23290U_1 + 67000U_2 - 32017000000I_1 \geq 0 \\
 &6400U_1 + 36821U_2 - 5327000000I_1 \geq 0 \\
 &6332U_1 + 13442U_2 - 2503000000I_1 \geq 0 \\
 &2000U_1 + 5000U_2 - 10800000I_1 \geq 0 \\
 &U_1 \geq 0,001 \\
 &U_2 \geq 0,001 \\
 &I_1 \geq 0,001
 \end{aligned}
 \tag{19}$$

Grupa ograničenja (19) je istovjetna za matematičke modele za sve operatore, te će u nastavku zbog uštede prostora biti izostavljena.

CD Cargo

Funkcija cilja

$$\max F = 9871000000 \cdot I_1
 \tag{20}$$

pri ograničenju

$$7998U_1 + 27000U_2 = 1
 \tag{21}$$

i grupi ograničenja (19).

RENFE

Funkcija cilja

$$\max F = 7557000000 \cdot I_1
 \tag{22}$$

pri ograničenju

$$14785U_1 + 12200U_2 = 1
 \tag{23}$$

i grupi ograničenja (19).

Trenitalia S.P.A Cargo

Funkcija cilja

$$\max F = 10322000000 \cdot I_1
 \tag{24}$$

pri ograničenju

$$69425U_1 + 40000U_2 = 1
 \tag{25}$$

i grupi ograničenja (19).

LG

Funkcija cilja

$$\max F = 14307000000 \cdot I_1
 \tag{26}$$

pri ograničenju

$$10646U_1 + 9202U_2 = 1
 \tag{27}$$

i grupi ograničenja (19).

Gysev Cargo

Funkcija cilja

$$\max F = 4330000000 \cdot I_1
 \tag{28}$$

pri ograničenju

$$230U_1 + 92U_2 = 1
 \tag{29}$$

i grupi ograničenja (19).

PKP Cargo

funkcija cilja

$$\max F = 32017000000 \cdot I_1
 \tag{30}$$

pri ograničenju

$$23290U_1 + 67000U_2 = 1
 \tag{31}$$

i grupi ograničenja (19).

CFR Marfa

Funkcija cilja

$$\max F = 5327000000 \cdot I_1
 \tag{32}$$

pri ograničenju

$$6400U_1 + 36821U_2 = 1
 \tag{33}$$

i grupi ograničenja (19).

ZSSK Cargo

Funkcija cilja

$$\max F = 2503000000 \cdot I_1
 \tag{34}$$

pri ograničenju

$$6332U_1 + 13442U_2 = 1 \quad (35)$$

i grupi ograničenja (19).

Green Cargo AB

Funkcija cilja

$$\max F = 10800000 \cdot I_1 \quad (36)$$

pri ograničenju

$$2000U_1 + 5000U_2 = 1 \quad (37)$$

i grupi ograničenja (19).

5. REZULTATI ANALIZE

Za sprovođenje DEA analize korišćen je „Add-on“ softverskog paketa MS Excell – Excel Solver.

Nakon formulisanja i optimizacije matematičkih modela za svakog operatora (jedinicu odlučivanja), dobijeni su rezultati koji su prikazani u tabeli 3.

Tabela 3. Rezultati DEA analize

Redni broj	Operatori	Relativna efikasnost
1	BDZ Cargo	0,1002
2	CD Cargo	0,22626
3	RENFE	0,28289
4	Trenitalia S.P.A Cargo	0,11785
5	LDZ	1
6	SZ	0,55918
7	PKP Cargo	0,25202
8	CFR Marfa	0,15259
9	ZSSK Cargo	0,19942
10	SNCF	0,57344

6. DISKUSIJA

Prema rezultatima DEA analize najveću efikasnost (1 ili 100%) ostvaruje letonski državni operator LDZ, a nakon njega francuski nacionalni operator SNCF sa efikasnošću od 0,57 ili 57%. Poznato je da kroz pribaltičke zemlje prolazi željeznički koridor Rail Baltica koji predstavlja jedinu željezničku vezu skandinavskih zemalja sa Rusijom i Centralnom Evropom [8]. Takođe, Letonija je zemlja koja je u 2014. godini imala najveći broj ostvarenih neto tonskih kilometara po glavi stanovnika i to 9695 [3]. Efikasnost francuskog željezničkog operatora

može se objasniti dugom istorijom ulaganja u željeznički sistem, koji je jedan od najrazvijenijih u svijetu. Takođe, Francuska je treća zemlja po obimu transporta robe željeznicom u Evropi, nakon Njemačke i Poljske [3]. Neosporna je činjenica da na dobar rezultat ima uticaj racionalno korišćenje voznog parka i radne snage koji su bili ulazi za analizu efikasnosti.

7. ZAKLJUČAK

Ključni pokazatelji performansi mogu biti upotrijebljeni za različite vrste analiza. Jedna od primjena je analiza relativne efikasnosti u odnosu na druge posmatrane operatore. Primjer analize efikasnosti metodom DEA uzeo je u obzir veličinu kolskog parka i broj radnika kao ulaze i godišnji broj ostvarenih neto-tonskih kilometara kao izlaze. Na osnovu DEA analize izvršeno je poređenje deset nacionalnih željezničkih operatora u transportu robe. Rezultati DEA analize pokazali su da je najefikasniji letonski nacionalni operator LDZ. Ovaj operator sa 2797 radnika i 7011 željezničkih kola je ostvario čak 15257 milijardi neto-tonskih kilometara u 2014. godini. Cilj izvršene analize bio je pokazati kako se sa relativno malim brojem pokazatelja mogu dobiti korisne informacije, koje mogu usmjeriti poslovnu politiku operatora, u cilju poboljšanja vlastitih performansi.

Prednost ovakve analize je u tome da ulazi i izlazi ne moraju biti direktno funkcionalno zavisni, pri čemu se kroz DEA analizu može utvrditi i indirektna zavisnost ulaza i izlaza. Takođe kod DEA analize ne postoji ograničenje u broju ulaza i izlaza, što omogućava i širu analizu u zavisnosti od potreba.

Sa druge strane najveći nedostatak DEA analize je činjenica da se ovom metodom razmatra relativna efikasnost jedinica odlučivanja jednih u odnosu na druge. U tom smislu treba posmatrati i prezentovane rezultate za deset državnih operatora. Širim uzorkom operatora moguće je dobiti nešto drugačije rezultate. Pored toga, efikasnost zavisi i od kvantitativnih vrijednosti ulaza i izlaza. S tim u vezi treba razmotriti vrijednosti ulaza „kolski park“. Operatori imaju određeni broj kola koja nisu u funkciji, a vode se kao dio voznog parka. Veći broj ovakvih kola negativno utiče na relativnu efikasnost operatora. Posljedično se nameće zaključak da u cilju veće efikasnosti treba težiti minimizaciji broja neaktivnih kola.

LITERATURA

- [1] ALSTOM: Rail in Europe: *In varietate concordia*, ALSTOM, Saint-Ouen Cedex, France, 2009.
- [2] Bošković B, *Regulatorni sistem željezničkog transporta*, Saobraćajni fakultet Beograd, 2014.
- [3] European Commission: *EU transport in figures- STATISTICAL POCKETBOOK*, Publications Office of the European Union, 2015.
- [4] European Commission: *EU transport in figures- STATISTICAL POCKETBOOK*, Publications Office of the European Union, 2016.
- [5] Ledbury M, *Rail Transport and Environment Fact & Figures UIC*, CER, 2015 .
- [6] Savić G, *Benčmarking komparativna analiza efikasnosti*, Fakultet organizacionih nauka Beograd, 2014
- [7] Casullo L, *The efficiency impact of open access competition in rail markets*, International Transport Forum Paris, France, 2016.
- [8] Telička P, *Priority Project 27, Rail Baltic/Rail Baltica*, Annual Report, Publications Office of the European Union, 2013.
- [9] Urząd Transportu Kolejowego, *An assessment of Rail Market Operations and Rail Traffic Safety in 2014*, Warszawa, Poland, 2014
- [10] Vukadinović K, *Predavanja iz predmeta Deterministički modeli operacionih istraživanja*, Saobraćajni fakultet Beograd, 2015.