

MERENJE I UNAPREĐENJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI VOZILA U PROCESIMA DISTRIBUCIJE PROIZVODA

Milan Andrejić

Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, m.andrejic@sf.bg.ac.rs

Rezime: Oštra konkurencija, stalni rast cene energenata i povećanje društvene odgovornosti samo su neki od faktora koji utiču na shvatanje značaja energetske efikasnosti u procesu distribucije proizvoda. U ovom radu razvijen je model za merenje i unapređenje energetske efikasnosti vozila u procesu distribucije. Model je baziran na Analizi obavljanja podataka (DEA-Data Envelopment Analysis) i savremenim pristupima praćenja radnog učinka. Model je testiran na realnom primeru distributivne kompanije koja posluje u Srbiji. Analiziran je vozni park od 170 vozila, pri čemu je veći deo vozila sa sistemima za hlađenje. Merenje je izvršeno na osnovu pokazatelja koji se najčešće prate: potrošnja goriva, broj dodeljenih zadataka, broj prevezenih paleta i pređeno rastojanje. Analizom rezultata modela uočeni su glavni uzroci neefikasnosti. Utvrđeno je da je glavni uzrok neefikasnosti loše upravljanje unutar kompanije, dok su spoljni faktori imali manji uticaj. U cilju unapređenja efikasnosti definisane su korektivne mere. Dobijeni rezultati pokazuju pogodnost primene razvijenog pristupa u praksi.

Ključne reči: Analiza obavljanja podataka (DEA), distribucija, energetska efikasnost, vozila, logistika.

1. Uvod

U promenljivim tržišnim uslovima upravljanje logističkim procesima i lancima snabdevanja osnovni je preduslov opstanka na tržištu. Uticaj logističkih aktivnosti na životnu sredinu prepoznat je u literaturi i praksi. Potrošnja fosilnih goriva, emisija štetnih gasova i buka predstavljaju osnovne negativne uticaje na životnu sredinu. Efikasnim upravljanjem logističkim procesima u velikoj meri se može uticati na smanjenje pomenutih negativnih uticaja. Poslednjih godina zahtevi korisnika postaju sve učestaliji, dok obim zahteva postaje sve manji. Pomenuti trend dalje utiče na učestalija pokretanja vozila, manju prostornu iskorišćenost vozila, porast pređenih kilometara, odnosno utrošene energije. Sa porastom cene energije sa jedne strane kao i povećane potrošnje sa druge strane sve veća pažnja se posvećuje energetske efikasnosti. Logističke sisteme i procese karakterišu energetske intenzivni procesi i aktivnosti. Istraživanja pokazuju da je potrošnja energije u transportnom sektoru oko 28% ukupne potrošnje energije ([1] i [2]). Transportni procesi

od izuzetne su važnosti za uspešnu realizaciju distribucije proizvoda. Cilj ovog rada je razvoj modela za merenje energetske efikasnosti vozila u distribuciji proizvoda, kao i definisanje odgovarajućih korektivnih i preventivnih mera u cilju njenog unapređenja.

Efikasnim logističkim sistemima direktno se može uticati na smanjenje resursa i povećanje funkcionalnosti distributivnog sistema. Istovremeno se smanjuju negativni uticaji na životnu sredinu i ukupni troškovi. Merenje energetske efikasnosti osnovni je preduslov planiranja i sprovođenja mera unapređenja energetske efikasnosti u logistici. Problemu praćenja i merenja energetske efikasnosti mora se pristupiti iz perspektive celokupnog lanca snabdevanja [3]. Transportni zahtevi direktno ili indirektno zavise od načina nabavke sirovina, vrste proizvodnog procesa, vrste distributivnog kanala, itd [4]. Drumaska transportna sredstva imaju poseban značaj za uspešnu realizaciju procesa distribucije. U ovom radu predmet istraživanja jeste energetska efikasnost drumskih transportnih sredstava sa fokusom na potrošnju goriva i ostvareni rad. U narednom poglavlju opisan je problem merenja energetske efikasnosti uz kraći pregled literature. U trećem delu je opisan model merenja energetske efikasnosti vozila u procesu distribucije proizvoda. Rezultati studije slučaja opisani su u četvrtom delu. U petom delu predložene su korektivne i preventivne mere kojima se može unaprediti efikasnost. U poslednjem delu data su zaključna razmatranja, kao i pravci budućih istraživanja.

2. Opis problema

Učešće drumskog transporta u ukupnoj potrošnji energije u transportu iznosi preko 72% i nalazi se na ubedljivom prvom mestu. Upravo je to jedan od glavnih motiva istraživanja u ovom radu [5]. Za merenje energetske efikasnosti koriste se različiti pokazatelji. Šire shvatanje značaja praćenja i merenja energetske efikasnosti postignuto je definisanjem standarda ISO 14031. Ovaj standard se odnosi na tri oblasti: pokazatelji stanja životne sredine, pokazatelji rada menadžmenta i operativni pokazatelji. Operativni pokazatelji energetske efikasnosti su pre svega ukupna potrošnja energije, potrošnja energije po realizovanoj usluzi ili proizvodu, sačuvana energija primenom odgovarajućih programa čuvanja energije, itd. Neki autori predlažu upotrebu pokazatelja poput redukcije emisije štetnih gasova, stvaranje otpada, smanjena upotreba opasnih materija i sl [6]. U kontekstu transporta kao, najznačajnijeg potrošača energije u logistici koriste se pokazatelji emisije štetnih gasova, transportni rad, jedinična potrošnja energije vozila (l/100km, MJ/tkm) [7]. Transportni otisak (footprint) se može izraziti u broju tkm obuhvaćenim 1t proizvoda ili u količini proizvoda izraženim u novčanim jedinicama (tkm/eur). Intenzitet transporta se definiše nezavisno za pojedine vidove uz informacije o potrošnji energije i emisiji štetnih gasova. Planiranje i upravljanje transportom predstavlja deo logističke strategije kompanija. Na ovaj način se ostvaruje bolja koordinacija između transporta i ostalih logističkih sistema i podsistema kao što su upravljanje zalihama, planiranje proizvodnje, distribucija, proces pretovara i sl. Iz tog razloga se naglašava da se u procesu merenja energetske efikasnosti transportnog podsistema moraju uzeti u obzir logistički trendovi i rešenja celokupne kompanije. Autori u [7] predlažu praćenje četiri nivoa energetske efikasnosti: logistička struktura (broj, raspored i kapacitet fabrika i skladišta); povezanost članova u lancu snabdevanja uključujući hijerarhijsku strukturu i tipove distributivnih kanala; planiranje proizvodnje i distributivnih aktivnosti; upravljanje transportnim tokovima, itd.

3. Opis modela i sistema

Funkcionisanje dostavnih vozila u distribuciji proizvoda, hijerarhijski gledano, predstavlja najniži nivo merenja efikasnosti. Međutim, značaj funkcionisanja pojedinačnih vozila, na operativnom nivou od ključnog je značaja za funkcionisanje logističkog sistema i lanca uopšte. Vozila i vozači često predstavljaju karike koje ostvaruju direktni kontakt sa ostalim učesnicima u lancu snabdevanja, a neretko i sa krajnjim korisnicima. U ovom primeru je predložen model za merenje energetske efikasnosti pojedinačnih vozila trgovačke kompanije koja posluje na području Srbije. U konkretnom slučaju postoji 170 vozila.

Za merenje efikasnosti vozila u ovom radu upotrebljena je jedna od najčešće korišćenih metoda DEA (Data Envelopment Analysis), pri čemu svako vozilo predstavlja nezavisnu DMU (Decision Making Unit). Osnovni razlog primena ovog pristupa je objektivnost, kao i veliki broj jedinica odlučivanja u odnosu na broj promenljivih. 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 formulacija ovog modela ima sledeći oblik [1]:

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

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

$$Z_k x_{ik} - \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} - s_i^- = 0, i = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

$$\lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0, i = 1, 2, \dots, m, r = 1, 2, \dots, s, j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

Z_k – neograničeno

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 $_j$. ε predstavlja malu pozitivnu vrednost. Promenljiva Z_k naziva se faktor intenziteta i pokazuje koliko je moguće da DMU $_k$ proporcionalno smanji sve ulazne promenljive u slučaju ulazne orijentacije, odnosno povećati izlazne promenljive u slučaju izlazne orijentacije. Uz pomoć težinskih koeficijenata λ_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 izravnjavajućih vrednosti. U cilju određivanja čiste tehničke efikasnosti Banker i ostali (1984) dali su proširenje originalnih CCR modela¹. Ovo proširenje zapravo podrazumeva dodavanja ograničenja. Ovo ograničenje omogućuje promenljivi prinos na obim

¹ 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.

(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 λ u optimalnom rešenju). BCC model meri čistu tehničku efikasnost, odnosno daje meru efikasnosti koja ignoriše uticaj obima poslovanja tako što se DMU_k poredi samo sa drugim jedinicama sličnog obima poslovanja. Efikasnost obima koja pokazuje da li posmatrana jedinica posluje sa optimalnim obimom operacija može se dobiti kada se mera efikasnosti koju daje CCR model (*technical efficiency - TE*) podeli sa merom efikasnosti koju daje BCC model (*pure technical efficiency - PTE*) [1]. 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:

$$\text{Min } h_k = \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rk} + u_k^* \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1 \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^n \mu_j y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + u_k^* \leq 0, j = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

$$\mu_r \geq \varepsilon, r = 1, 2, \dots, s \quad (8)$$

$$v_i \geq \varepsilon, i = 1, 2, \dots, m \quad (9)$$

Slično prethodnom slučaju h_k predstavlja rezultujuću efikasnost, μ_r i v_i predstavljaju težinske koeficijente dodeljene odgovarajućim ulaznim i izlaznim promenljivama, dok ε predstavlja mali broj veći od nule. Imajući u vidu heterogenost logističkih zahteva u procesu distribucije proizvoda, struktura vozila je raznolika. U trgovinskim lancima dominiraju zahtevi za isporukom proizvoda koji zahtevaju određene temperaturne režime. Ovo potvrđuje i činjenica da je od 170 vozila čak 130 vozila opremljeno rashladnim uređajima. Sa aspekta nosivosti ova kompanija raspolaže vozilima od 2 t do 25t. Prosečna starost vozila je deset godina. Menadžment pre svega prati četiri glavna pokazatelja funkcionisanja vozila. Na prvom mestu je potrošnja goriva izražena u litrima. Za svako vozilo se prati i broj dodeljenih zadataka. U predloženom modelu ove dve veličine su korišćene kao ulazne veličine. Sa druge strane, kao izlazne veličine koje kompanija prati jesu pređeno rastojanje i broj prevezenih paleta (tabela 1). Prikazani podaci odnose se na merodavni mesec. Ove veličine predstavljaju karakteristične pokazatelje za logističke sisteme u Srbiji. Slični podaci se prate i u voznim parkovima drugih kompanija.

Tabela 1: Deskriptivna statistika ulaznih i izlaznih podataka 170 vozila

Ulazi/izlazi	Ar. sredina	Stand. greška	Max	Min
Potrošnja goriva (l)	899,07	1080,77	4221,03	18,00
Broj zadataka	166,68	145,98	810,00	1,00
Broj prevezenih paleta	461,89	500,00	3060,00	5,00
Pređeno rastojanje (km)	3528,24	3188,57	12791,00	120,00

Za procenu efikasnosti vozila sa sistemom za rashlađivanje neophodno je raspolagati podacima o angažovanim ulaznim i realizovanim izlaznim promenljivim. U DEA terminologiji CCR modelom dobija se ukupna tehnička efikasnost (TE) u koju su uključena čista tehnička efikasnost (PTE) i efikasnost kao posledica različitih obima poslovanja (scale efficiency – SE). U ovom modelu pretpostavlja se konstantni prinos na obim, odnosno povećanje vrednosti angažovanih ulaznih promenljivih rezultuje proporcionalnim povećanjem ostvarenih izlaznih nivoa [1]. 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:

$$TE \text{ (Tehnička efikasnost - CCR)} = PTE \text{ (Čista tehnička efikasnost - BCC)} \times SE \text{ (Efikasnost obima poslovanja)}^2$$

Važno je naglasiti da potrošnja energije zavisi od dve grupe faktora: faktora okruženja i menadžmenta. Spoljne faktore, između ostalog, čine: vremenski uslovi, intenzitet korisnika, konkurencija, propisi, ograničenja u finansijama, itd. Efikasnost opreme i realizacije operacija u nadležnosti su menadžmenta kompanije. U literaturi nema puno radova koji analiziraju uticaj pomenutih grupa faktora. Primenom opisanih pristupa u ovom delu je analizirana efikasnost sa stanovišta faktora okruženja i menadžmenta. S obzirom na to da je u ovom slučaju akcenat na upotrebi energije, kao osnovnom resursu, predložena je ulazna orijentacija modela.

4. Rezultati studije slučaja

Na osnovu analize prikupljenih podataka i razgovora sa menadžmentom kompanije ustanovljeno je da se sva vozila mogu grupisati u dve homogene grupe. Prvu grupu čine vozila sa rashladnim uređajima, dok drugu grupu čine standardna vozila za distribuciju. U prvoj grupi se nalazi 130 vozila, dok ih je u drugoj 40. Prema informacijama iz prakse vozila sa rashladnim sistemima troše oko 20% više goriva. Rezultati nezavisnog merenja efikasnosti vozila primenom opisanog pristupa za vozila sa i bez sistema za hlađenje prikazani su tabeli 2.

Tabela 2. Rezultujuće efikasnosti vozila

	130 vozila hladnjača			40 standardnih vozila		
	TE (CRS)	PTE (VRS)	SE	TE (CRS)	PTE (VRS)	SE
Prosečna efikasnost	0,78	0,84	0,93	0,46	0,64	0,74
Stand. greška	0,15	0,14	0,09	0,32	0,30	0,30
Broj efikasnijih (%)	24 (18%)	35(27%)	46(35%)	2(5%)	7(17.5%)	3(7.5%)
Prosečna starost vozila (godina)	9			12		
Prosečna nosivost vozila (t)	10,2			11,75		

Na osnovu vrednosti prosečnih efikasnosti prikazanih u tabeli 3 mogu se izvesti određeni zaključci. Prosečna efikasnost standardnih vozila prema sva tri pristupa je manja od efikasnosti vozila hladnjača. Ovo se može delimično objasniti činjenicom da je imajući

² 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.

u vidu cenu i troškove rada vozila hladnjača vrši bolja organizacija (veća prostorna i vremenska iskorišćenost vozila, manje praznih vožnji, itd) i kontrola rada (informacioni sistemi za kontrolu rada vozila i vozača) u odnosu na standardna vozila. Prosečna tehnička efikasnost vozila hladnjača je 0,78, što dalje znači da 130 vozila karakteriše prosečna neefikasnost od 22%. Prosečne vrednosti za PTE i SE iznose 0.84 i 0,93 redom. Veći deo neefikasnosti je posledica lošeg menadžmenta i organizacije rada vozila (oko 16%), dok je manji deo posledica spoljnih faktora i neodgovarajućeg obima poslovanja. Kada su u pitanju standardna vozila situacija je nešto drugačija. Prosečna tehnička efikasnost iznosi 0.46, dok su prosečne vrednosti PTE i SE 0.64 i 0.74 redom. Znatno više vrednosti prosečnih neefikasnosti, kao i u prethodnom slučaju, prvenstveno su prouzrokovane lošom organizacijom i menadžmentom. S obzirom na broj vozila u ovom delu je prikazano po tri vozila u cilju definisanja odgovarajućih korektivnih akcija (tabela 3).

Tabela 3. Efikasnost vozila

Vozilo	TE (CRS)	PTE (VRS)	SE	Benčmark (prema TE)
Vozilo 3 (standardno)	0.12	0.15	0.82	11 (0.61)
Vozilo 7 (standardno)	0.60	0.60	1.00	11 (0.62) 38 (0.36)
Vozilo 38 (standardno)	1.00	1.00	1.00	29 puta
Vozilo 42 (sa hladenjem)	0.65	1.00	0.65	18 (0.18) 25 (9.09) 81 (2.92)
Vozilo 102 (sa hladenjem)	1.00	1.00	1.00	49 puta
Vozilo 130 (sa hladenjem)	0.79	0.81	0.98	25 (0.40) 38 (0.79) 59 (0.01)

Na osnovu rezultata može se zaključiti da u oba skupa postoje vozila koja su efikasna prema svim pristupima. Takva vozila ne moraju sprovesti korektivne akcije smanjenja ulaznih veličina za postojeći nivo ostvarenih izlaza. Predstavnici ove grupe su vozilo 38 (standardno) i vozilo 102 (hladnjača). Ova vozila su istovremeno benčmarkovi za druge neefikasne jedinice. Tako je vozilo 38 referentno za čak 29 neefikasnih vozila, dok je vozilo 102 neefikasno za čak 49 vozila. Vozilo 42 (hladnjača) jedan je od predstavnika TE neefikasnih vozila, dok su sa aspekta PTE efikasna. Posmatrano vozilo mora proporcionalno smanjiti ulaze za 35% uz zadržavanje istog nivoa izlaza. Vozilo 7 (standardno) ima iste vrednosti TE i PE (0.60), dok je vrednost SE 1.00. Praktično ovo vozilo ima idealan obim poslovanja. Bez obzira na to ovo vozilo nije efikasno odnosno mora proporcionalno smanjiti ulaze za 40%. Vozilo 3 (standardno) spada u kategoriju veoma neefikasnih vozila. Ovo vozilo ima vrednost efikasnosti od svega 0.12, pri čemu je najveći deo neefikasnosti posledica lošeg menadžmenta (85%). Veoma loš odnos potrošenih resursa za ostvarivanje izlaza osnovni je uzrok neefikasnosti. Smanjenjem ulaza za čak 88% ovo vozilo može postati efikasno. Primer analiziran u ovom poglavlju, kao i rezultati predloženog modela ukazuju na specifičnost merenja efikasnosti pojedinačnih vozila.

5. Korektivne mere i trendovi unapređenja efikasnosti

U cilju unapređenja efikasnosti moguće je sprovesti različite korektivne i preventivne mere. U nastavku su opisane neke od najznačajnijih [1].

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 pre svega: bolje planiranje i raspoređivanje vozila u procesu distribucije; maksimizacija prostorne i vremenske iskorišćenosti vozila; uvođenje naprednih sistema praćenja rada vozila i vozača; ograničavanje maksimalne brzine vozila; upotreba alternativnih vrsta goriva; minimizacija praznih vožnji, itd. **Smanjenje troškova održavanja vozila** predstavlja sledeću u nizu korektivnih akcija. U većini DC teži se održavanju vozila van kompanije, u specijalizovanim servisima. Ovo ne treba smatrati pravilom, već u zavisnosti od konkretnog slučaja treba doneti odluku o načinu održavanja vozila. Održavanje vozila unutar kompanije nije čest slučaj npr. 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). 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. Sistemi upravljanja voznim parkovima (eng. fleet management system), kao i drugi sistemi praćenja vozila, mogu smanjiti troškove održavanja vozila koji su prouzrokovani nepravilnim rukovanjem i zloupotrebom vozila, ali i pravovremenim otkrivanjem kvarova [1].

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. 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. 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.

Poslednjih godina kao jedna od popularnijih mera jesu **sistemi praćenja radnog učinka - sistemi nagrađivanja i kažnjavanja** rada vozača. U nastavku će biti opisan primer koji povezuje ekonomično upravljanje vozilom i prihode vozača, kao jedan od primera dobre prakse [8]. Posmatrana transportna kompanija raspolaže voznim parkom koji je opremljen telematskim sistemima ugrađenim u vozila Daimler i MAN proizvođača. Ovi telematski sistemi prikupljaju tehničke i ostale podatke o vozilu i aktivnostima vozača u vremenu i šalju ih do centrale. Kompanija koristi ove podatke između ostalog da proceni performanse vozača u pogledu njihovog manje ili više ekonomičnog upravljanja vozilom. Cilj je nagraditi adekvatno upravljanje dodatnom premijom, čime se podstiče vozač i stvaraju uslovi za „win-win“ situaciju. Kako ne postoji standardni način za procenu ekonomičnog upravljanja vozilom, primenjene metrike se takođe razlikuju. Telematski sistem za teretna vozila sa tipičnim komponentama sastoji se od centralne procesne jedinice koja može da određuje lokaciju vozila pomoću satelitskog sistema za pozicioniranje i povezana je sa ostalim komponentama. Kroz standardni interfejs FMS (engl. Fleet

Management Sistem) dobijaju se tehnički podaci o vozilu (poput brzine, položaja papučice za gas, ukupne potrošnje goriva i mnogih drugih). Digitalni tahograf beleži aktivnosti vozača („vožnja“, „odmor“, „dostupnost“, „drugi posao“ itd.) i može se povezati sa centralnom procesnom jedinicom. Na kraju, sama telematska jedinica može biti opremljena displejom koji omogućava interakciju poput razmene tekstualnih poruka sa centralnom kancelarijom ili upotrebu navigacionog softvera. Prikupljeni podaci prenose se putem mobilne mrežne komunikacije na server koji informacije pruža krajnjim korisnicima uređaja, a takođe mogu se integrisati putem web usluga u postojeća softverska rešenja poput sistema za upravljanje transportom (engl. Transport Management System - TMS).

Menadžment konkretne transportne kompanije bio je suočen sa problemom dizajniranja sistema podsticaja koji bi bio primenljiv za obe kategorije vozila i implementirane telematske sisteme. Generalno, sistem podsticaja mora biti u skladu sa sledećim zahtevima: dobro definisani ulazni parametri, lako razumevanje odnosa između dobijene ocene i rada zaposlenih, mogućnost uticaja na ocenu prilagođavanjem ponašanja i sl. Takođe, procena bi se smatrala nepoštenom ako bi isti radni učinak mogao rezultirati različitim ocenama. U ovom istraživanju predmet poređenja su bila dva sistema: Daimler FleetBoard i MAN TeleMatics. Ocenjivanje ekonomičnog upravljanja vozilom u FleetBoard-u može varirati između 1 i 10, što je veće to je i bolje. Sa druge strane, MAN rešenje procenjuje radne učinke u procentima. S obzirom da se načini merenja i ocenjivanja ne mogu transformisati iz jednog sistema u drugi, kompanija je odlučila da primenjuje dve različite forme nagrađivanja, za svaku grupu vozila (tabela 4 i tabela 5).

Tabela 4. Skala bonusa za Daimler FleetBoard sistem [8]

<i>Ekonomično upravljanje vozilom</i>	<i>Bonus [n.j./mesečno]</i>	<i>Broj ostvarenih bonusa</i>	<i>Učešće [%]</i>
$x \leq 9$	0	161	18,85%
$9 \leq x \leq 9,3$	30	124	14,52%
$9,3 \leq x \leq 9,5$	60	235	27,52%
$9,5 \leq x \leq 9,6$	90	177	20,73%
$9,6 \leq x \leq 10$	120	157	18,38%
	Ukupno	854	

Prikupljeni podaci odnosili su se na period između januara i juna posmatrane godine. Iznosi mesečnih bonusa identično su podeljeni u klase kod oba sistema i kao što se vidi iz tabela, ukupan broj ostvarenih bonusa za FleetBoard iznosio je 854 dok je za MAN sistem ukupno bilo 90 bonusa. Prosečna vrednost bonusa isplaćenog za vozače koji koriste FleetBoard telematiku bio je 61,58 n.j. dok su vozači MAN vozila bili prosečno plaćeni 48 n.j. Pored očiglednih razlika u prosečnoj premiji i šanse za dobijanje nagrade bile su dosta veće u prvom slučaju, gde se primenjivao FleetBoard sistem.

Tabela 5. Skala bonusa za MAN TeleMatics sistem [8]

<i>Ekonomično upravljanje vozilom</i>	<i>Bonus [n.j./mesečno]</i>	<i>Broj ostvarenih bonusa</i>	<i>Učešće [%]</i>
$x \leq 80\%$	0	41	45,56%
$80\% \leq x \leq 82\%$	30	9	10%
$82\% \leq x \leq 83\%$	60	7	7,78%
$83\% \leq x \leq 84\%$	90	11	12,22%
$84\% \leq x \leq 100\%$	120	22	24,44%
	Ukupno	90	

Dakle, sistemi podsticaja koje je primenjivala kompanija studije slučaja upoređeni su u pogledu objektivnosti, tj. jednake šanse da vozač dobije bonus nezavisno od vozila koje mu je dodeljeno. Dobijeni rezultati sugerišu da to nije bio slučaj, a jedan od načina da se to unapredi bila bi provera sistema nagrađivanja na osnovu statističke analize i usklađivanje skale za dobijanje bonusa. Takođe, važno je uzeti u obzir i uticaj spoljašnjih faktora na ocenu ekonomičnog upravljanja vozilom. Očigledno je da će vozač koji vozi uglavnom auto-putevima biti u boljem položaju jer će u dužem vremenskom periodu moći da održava konstantnu brzinu sa optimalnim brojem obrtaja i trošiti manje goriva od vozila čiju vožnju karakterišu veliki broj zaustavljanja i ubrzanja. Topografija i težina tereta takođe imaju važnu ulogu. Samim tim mora se obezbediti neka vrsta objektivnosti koja će ograničiti uticaj pomenutih faktora na ocenjivanje rada vozača. Distribucija robe predstavlja ključni proces u svakom lancu snabdevanja, odnosno omogućava isporuku robe krajnjim korisnicima. Efikasnost transportnog sistema u pogledu isporuke prave robe na pravo mesto i u pravo vreme uz minimalne troškove za logističke kompanije je od velike važnosti [9].

6. Zaključak

Potrošnja energije u transportu navodi na potrebu merenja i praćenja energetske efikasnosti vozila. U ovom radu je analizirana energetska efikasnost 170 vozila. Posmatrana vozila se koriste za distribuciju proizvoda trgovačkih kompanija. Predloženi model je baziran na proceni efikasnosti na osnovu podataka o potrošenim resursima i ostvarenim izlazima. Rezultati pokazuju pogodnosti primene predloženog modela na realnim numeričkim primerima. Predloženi pristup uz odgovarajuće modifikacije može se uspešno koristiti za merenje energetske efikasnosti vozila u drugim vidovima transporta. Rezultati istraživanja su pokazali da je prosečna efikasnost standardnih vozila manja od efikasnosti vozila hladnjača. Ovakvi rezultati posledica su znatno boljeg upravljanja i organizacije rada vozila hladnjača kao npr: veća prostorna i vremenska iskorišćenost vozila, manje praznih vožnji, boljeg praćenja rada, primena naprednih tehnologija itd. Ustanovljeno je da je rezultat neefikasnosti posmatranog voznog parka u većoj meri posledica lošeg menadžmenta i organizacije rada, dok su spoljni faktori znatno manje uticali. U cilju sticanja potpune slike u budućim modelima je potrebno obuhvatiti i druge pokazatelje. Pre svega je neophodno obuhvatiti pokazatelje emisije štetnih gasova, grešaka (kvarenja i oštećenja robe u transportu) koji predstavljaju neku vrstu negativnih izlaza. Osim toga potrebno je obuhvatiti i pokazatelje potrošnje drugih energenata u transportu. Razvoj novih modela praćenja radnog učinka vozača, kao i primena alternativnih izvora energije takođe predstavljaju pravce budućih istraživanja.

Literatura

- [1] Andrejić, M. „Modeli merenja i unapređenja efikasnosti logističkih procesa distribucije proizvoda”, *Doktorska disertacija*, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2015.
- [2] https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/pdf/sec2_3.pdf

- [3] Kalenoja, H., Kallionpää, E. and Rantala, J. „Indicators of energy efficiency of supply chains“. *International Journal of Logistics Research and Applications*, Vol. 14, Issue 2, pp. 77-95, 2011.
- [4] Aronsson, H. and Huge-Brodin ,M. “The environmental impact of changing logistics structures”. *International Journal of Logistics Management*, Vol. 17, Issue 3, pp. 394 – 415, 2006.
- [5] <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-final-energy-consumption-by-mode/assessment-10>
- [6] Zhu, Q., Sarkis, J., and Lai, K-H. „Confirmation of a measurement model for green supply chain management practices implementation“. *International Journal of Production Economics*, Vol. 111, Issue 2, pp. 261–273, 2008.
- [7] McKinnon, A.. „Logistics and environment“. In: D.A. Hensher and K.J. Button, eds. *Handbook of transport and the environment*. Oxford, Elsevier Ltd, 665–685, 2003
- [8] Bousonville, T., Ebert, C., Rath, J. „A comparison of reward systems for truck drivers based on telematics data and driving behavior assessments“. *Technical reports on Logistics of the Saarland Business School*, 2015
- [9] Novković, A, Andrejić M., Kilibarda, M. „Performance Appraisal and Bonus Calculation for Warehouse Employees“. *Tehnika Vol. 70*, Issue 6, pp. 790-798.

Abstract: *Strong market competition, constant growth of energy prices and increasing social responsibility are just some of the factors that affect the understanding of the importance of energy efficiency in the product distribution. New model for measuring and improving efficiency is developed in this paper. Model is based on DEA approach and modern approaches for drivers’ performance monitoring. Model is tested on distribution company in Serbia. The fleet of 170 refrigerated and standard vehicles is analyzed. The measurement was performed on the basis of the most frequently monitored indicators: fuel consumption, number of assigned tasks, number of transported pallets and distance traveled. The main causes of inefficiency are detected. Among others poor management system is the most important. Corrective measures for improving efficiency are also defined. The results show the great convenience of applying the developed approach in practice.*

Keywords: *Data Envelopment Analysis (DEA); distribution, energy efficiency, vehicles, logistics.*

MEASURING AND IMPROVING ENERGY EFFICIENCY OF VEHICLES IN PRODUCT DISTRIBUTION PROCESSES

Milan Andrejić