

METODE DISTIBUCIJE U GRADSKA SREDIŠTA

METHODS OF DISTRIBUTION IN THE CITY CENTRE

Goran Kolarić, Luka Skorić

Pregledni rad

Sažetak: U radu je obrađen utjecaj sustava regulacije dostave roba u urbanim područjima na organizaciju distribucijskog sustava. Obavljena je komparacija triju sustava gradske logistike koji se koriste u Europskoj Uniji, a riječ je o metodi distribucije primjenom konsolidacijskih centara, metodi distribucije primjenom ekološki prihvatljivih vozila i metodi distribucije primjenom upravljanja tokovima tereta. Komparacija je obavljena na hipotetskom primjeru. Definirani su parametri distribucije koji su potrebni za izračunavanje (distribucija tereta obavlja se sa 120 vozila, koja pritom prijeđu oko 1000 km dnevno). Simulirani su operativni i vanjski troškovi prijevoznog sustava za svaki od sustava distribucije te je analiziran njihov učinak. Usporedba distribucijskih sustava koja je provedena u radu omogućuje donošenje odluke o izboru određenog koncepta distribucije roba u gradovima i analizu troškova voznog parka uslijed primjene određenog distribucijskog sustava.

Cljučne riječi: Gradska logistika, distribucija, troškovi

Subject review

Abstract: The paper describes the impact of the regulation system of the delivery of goods in urban areas on the distribution system organization. The comparison of the following three systems of city logistics used in the European Union has been done: the method of distribution by the implementation of consolidation centers; the method of distribution by using environmentally friendly vehicles; and the method of distribution by implementation of the cargo flow control. The comparison has been done on a hypothetical example. Distribution parameters needed for the calculation have been defined (cargo distribution is carried out with 120 vehicles, which thereby pass 1,000 kilometers per day). The operational and external costs of the transport systems for each of the distribution system have been simulated, and their effects have been analyzed. The comparison of the distribution systems carried out in the paper make it possible to choose and decide about the particular concept of the goods distribution in cities. It also provides the analysis of the rolling stock costs due to the application of a particular distribution system.

Key words: City logistics, distribution, costs

1. UVOD

Distribucija obuhvaća tijek gotovih proizvoda od završetka procesa proizvodnje sve do konačne potrošnje. [1]

Međutim, distribucija robe se u logističkom kontekstu razvijala i nadmašila svoj izvorni oblik, kao i mnogi drugi gospodarski koncepti, a to je da se roba „samo“ preveze. Distribucija robe u gradskim područjima rezultira zagušenjima u prometu, zastojećima, bukom, emisijom štetnih plinova i prometnim nezgodama koje stvaraju teretna i mala dostavna vozila.

Gradska logistika ima za cilj optimizirati cjelokupni logistički sustav unutar gradskog područja i tako pozitivno utjecati na kvalitetu života u gradu bez bitnog utjecaja na razinu i kvalitetu distribucije. [2]

Predmet istraživanja ovog rada upravo su sustavi i koncepti gradske logistike, pri čemu će se analizirati i usporediti različite metode distribucije robe koje se primjenjuju u gradovima.

2. GRADSKA LOGISTIKA

Gradsku logistiku može se definirati kao proces optimizacije logističkih i transportnih aktivnosti pojedinih tvrtki u nekom urbanom području, uvažavajući prometne, ekološke i energetske čimbenike, odnosno organizaciju urbanog transporta s ciljem zadovoljavanja određenih kriterija. [2]

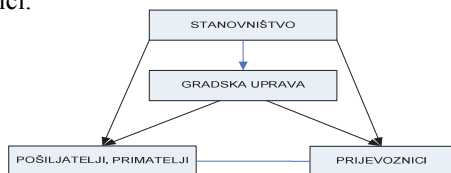
Operativni poslovi nužni za efikasnu opskrbu gradskih središta robom te odvoženje materijala i raznih sekundarnih sirovina, obuhvaćeni su djelovanjem logističkih rješenja gradske logistike.

Na slici 1 prikazana su četiri ključna čimbenika sustava distribucije roba u gradovima:

- Stanovništvo
- Gradska uprava
- Pošiljatelji i primatelji
- Prijevoznici

Svaki od navedenih čimbenika ima svoje zahtjeve i ciljeve koji su vrlo često u suprotstavljenu, međutim

interes za razvoj gradske logistike imaju svi navedeni sudionici.



Slika 1. Ključni čimbenici sustava distribucije roba u gradovima

2.1. Generatori gradskih logističkih tokova

Svaki objekt u gradu u kojem se obavlja neka od gradskih funkcija i koji inicira neki od logističkih zahtijeva prijevoza, skladištenja, prekrcanja, držanja zaliha i pakiranja, jest generator logističkih tokova, u ovom slučaju tokova gradske logistike. Prema tome, generatori gradskih logističkih tokova su trgovine, industrija, ustanove i kućanstva.

Kada se govori o sustavima opskrbe gradova, koristi se jedan od tri osnovna sustava:

- centralizirani sustav,
- decentralizirani sustav,
- hibridni sustav.

2.2. Prijevozni sustav

U realizaciji tokova gradske logistike prisutni su svi vidovi i sve tehnologije prijevoza: od cestovnog, željezničkog, vodnog i cijevnog prijevoza do različitih kontejnerskih sustava i tehnologija vertikalnog prijevoza, a u posljednje se vrijeme sve veća pažnja posvećuje intermodalnim sustavima prijevoza robe.

Prijevoz robe cestovnim prometnicama najzastupljeniji je oblik prijevoza u realizaciji tokova na području gradova. Kretanje robe prometnicama može se realizirati na više načina i to: teretnim vozilima, kombi i putničkim vozilima, motorima, biciklima, autobusima ili pješice. U distribuciji robe sve su više prisutna kombi i pick-up vozila, a razlozi su mnogobrojni: otežan pristup središnjim gradskim zonama, smanjenje veličine i rast frekvencije isporuka, što zahtijeva vozila dobrih manevarskih sposobnosti. Za isporuku robe na kućnu adresu, kao oblik opskrbe u centralnim gradskim ulicama sve se češće koriste motocikli ili posebno konstruirani gradski bicikli s košaricom koja može biti veličine i do jedne palete. Gradske zone u kojima je zabranjen promet motornim vozilima opskrbljuju se biciklom ili na klasičan način kada čovjek nosi isporuku korištenjem različitih prijenosnih sredstava, od košare do posebno konstruiranih kolica.

3. OPIS POJEDNIH METODA DISTRIBUCIJE ROBA U GRADSKIM SREDIŠTIMA

3.1. Metoda distribucije primjenom konsolidacijskih centara

Pojam "konsolidacija robe" može se definirati na sljedeći način:

"Konsolidacija robe podrazumijeva grupiranje pojedinačnih pošiljki ili dijela tereta - koji su namijenjeni istom mjestu, u konsolidacijskom centru, tako da se koristi manji broj vozila pod punim opterećenjem za prijevoz robe do odredišta." [3]

Koristeći upravo ovaj princip, pojedine tvrtke, koje kao prijevoznu jedinicu koriste paket ili mreže paleta, puno su godina bile uspješne u smanjenju distribucijskih troškova konsolidiranjem pošiljke putem regionalnih ili nacionalnih distribucijskih centara. Takvi distribucijski centri ili čvorišta prihvaćali su robu od dobavljača i dijelili ulazne pošiljke tako da se formira konsolidirana pošiljka koja se potom prevozi iz distribucijskog centra do krajnjeg odredišta. Međutim, prvenstvena tendencija konsolidacije je smanjenje transportnih troškova u okviru pojedinačnih opskrbnih lanaca. Pojedini dobavljači u industriji koji imaju zajedničku bazu korisnika, poglavito u posljednje vrijeme, promatrani su kao da rade zajedno, a sve s ciljem konsolidiranja tereta u opskrbnim lancima. U takvim su odnosima posrednici većinom bile tvrtke za distribuciju, koje bi upravo bile ta spona koja se preklapala među dobavljačima, i na kojoj bi se moglo uštedjeti u slučaju optimalnog iskorištenja.

Paralelno s vertikalnom integracijom koja je navedena u odlomku iznad, konsolidirani opskrbni lanci koji se kao takvi koriste u pojedinim slučajevima, koriste različite scenarije distribucije, među kojima predvode direktna veza dobavljač - potrošač.

Opći koncept konsolidacije robe može uključiti još jedan korak tako što će biti dodana još jedna faza u opskrbnom lancu između različitih subjekata. To bi mogao biti konsolidacijski centar prodavača ili dobavljača, a prema određenim grupama krajnjih primatelja, kao što su centar grada, tržišni centar ili aerodrom.

"Konsolidacijski (distribucijski) centar predstavlja objekt smješten u neposrednoj blizini centra grada ili drugog prodajnog centra, u okviru kojeg se pošiljke konsolidiraju i iz kojega se manji broj konsolidiranih pošiljki isporučuje u ciljna područja." [3]

Kako se roba iz distribucijskog centra konsolidira i isporučuje u punim vozilima za unutrašnju isporuku u gradskom području, rezultat je manji broj putovanja vozila.

Primjenom koncepcije distribucije konsolidacijom robnih tokova centara može se ostvariti više ciljeva, ali najčešći ciljevi povezani su sa smanjenjem zagušenja i prekida prometa, kao i sa smanjenjem zagađenja zraka u okviru gradskog područja koji konsolidacijski centar opslužuje.

Neki od najvažnijih ciljeva primjene konsolidacijskih centara su:

- smanjenje zagušenja smanjenjem broja potrebnih dostavnih vozila,
- poboljšanje kvalitete zraka,
- smanjenje međusobnog ometanja vozila u području iskrcanja i isporuke,
- smanjenje konflikata između dostavnih vozila i drugih sudionika u prometu, uključujući i pješake,
- poboljšanje pružanja usluga klijentima,
- mogućnost uvođenja dodatnih usluga,

- zadovoljenje potražnje prodavača koji zahtijevaju veće prodajne jedinice,
- maksimiziranje prodaje kroz omogućavanje trgovcima da povećaju svoje prodajne površine,
- smanjenje troškova u trgovinama, kako u smislu prijevoza tako i smislu osoblja,
- maksimalna dostupnost zaliha i asortimana proizvoda,
- motiviranje osoblja i osiguranje potrebnih uvjeta da se oni fokusiraju na kupce,
- sprječavanje ili smanjenje krađe robe. [3]

Konsolidacijski centri mogu se koristiti za smanjenje ili eliminiranje određenog broja teških teretnih vozila koja ulaze u određene dijelove grada. Ključna je težnja da se dostupan kapacitet teretnog vozila koristi do njegovog maksimuma, kao i da se postignu ekonomske koristi i koristi za okolinu.

S ekonomskog stajališta, konsolidacija može pomoći da se:

- poveća količina prevezene robe u vozilima koja ulaze u posebno gradsko područje, a da se na taj način smanje jedinični troškovi za posljednju fazu isporuke,
- smanji broj isporuka koje se trebaju izvršiti za jednu lokaciju,
- smanji vrijeme koje vozači provode na mjestima isporuke i vrijeme potrebno za dolazak do mjesta isporuke. [3]

Ipak, navedene koristi trebaju se usporediti s potencijalnim troškovima povezanim uz primjenu metoda konsolidacije, a koji podrazumijevaju:

- kapitalne i operativne troškove,
- dodatnu fazu rukovanja u opskrbnom lancu u određenim slučajevima,
- elemente sigurnosti, pouzdanosti i usluge korisnika povezane s troškovima rukovanja dodatnih tvrtki.

3.2. Metoda distribucije primjenom ekološki prihvatljivih vozila

Većina europskih gradova suočena je s problemima vezanim uz klimu i zagađenje zraka koji su uzrokovani motoriziranim cestovnim vozilima. Zbog povećanja razine aktivnosti u gradskim središtima, dostava roba u gradovima u posljednjih je nekoliko desetljeća dodatno doprinijela pogoršanju te situacije. Smetnje izazvane gradskim teretnim prometom, koje se smatraju i ekološkim problemima, rastu i sve su manje prihvatljive.

Cestovni prijevoz značajno doprinosi problemu kvalitete zraka, što izravno utječe na kvalitetu života, pa uključuje i povećanje smrtnosti građana, često izazvano pojavom respiratornih i kardiovaskularnih bolesti, smanjenjem plućnih funkcija, pogoršanjem zdravstvenog stanja kod astmatičara i oboljelih od kroničnog bronhitisa. Još jedan problem izazvan cestovnim prometom je buka, posebno u gradskim područjima. Senzibilitet u pogledu buke stalno raste, a u slučaju gradske buke, teretni promet ne samo da je uzrokuje aktivnom vožnjom, već i procesom ukraja i iskraja.

Visok rast cijena goriva tijekom posljednjih godina i trenutna ovisnost o nafti utječu na odabir vrste goriva i tehnička rješenja koja će pojeftiniti troškove prijevoza, a što u konačnici ukazuje i na to da će potražnja za alternativnim rješenjima u budućnosti biti sve veća. Međutim, kod realizacije alternativnih rješenja nisu potrebna samo tehnološka dostignuća, već i ona infrastrukturna koja se tiču načina opskrbe alternativnim gorivom.

Iz navedenog je vidljivo da će novi logistički koncept u pogledu metoda distribucije robe primjenom ekoloških vozila igrati važnu ulogu u budućnosti. Ova metoda neće predstavljati toliku inovaciju u infrastrukturnom smislu, a na infrastrukturu se u ovom kontekstu misli na način kako se organizira prijevoz i sama distribucija robe, ali u pogledu voznog parka i energenata koji se koriste kao pogonska goriva, nedvosmisleno hoće.

Prijevozničke tvrtke često imaju sljedeće argumente protiv upotrebe ekoloških vozila:

- vozila s alternativnim pogonskim sustavima često su preskupa,
- prednosti korištenja ekoloških vozila prijevozničkim tvrtkama nisu primarna,
- pouzdanost često nije dokaziva. [3]

U pristupu mogućim nedostacima ove metode treba na umu imati sljedeće činjenice. Gubici u nosivosti moraju se uzeti u obzir, primjerice kod vozila na hibridni pogon, kao i maksimum ukupne vožnje - jer je udaljenost koja se prijeđe s jednim punjenjem spremnika manja od udaljenosti koja se prijeđe tradicionalnim motornim vozilima (primjer: elektro i plinski pogon). Nadalje, jedan od glavnih problema je i gustoća staničnih mreža za punjenje jer i najveći gradovi u Europi imaju vrlo nizak nivo gustoće mreže u kojoj je moguće dopunjavanje alternativnim gorivima.

Ekološka vozila mogu se okarakterizirati različitim pokazateljima, a neki od aspekata koji se koriste i koji mogu biti od značaja za klasifikaciju ekoloških vozila i tehnologija su:

- alternativni pogonski sustavi,
- klasične pogonske tehnologije koje vode smanjenju potrošnje goriva i smanjenju emisije plina,
- tehnologija koja podržava smanjenje buke vozila,
- EFV (Environment-friendly vehicle), vozila „prijateljski nastrojena prema okruženju”. [5]

Pojedini projekti vezani za upotrebu ekološki prihvatljivih vozila u gradskom teretnom prijevozu pokazali su visoke ekološke učinke u pogledu smanjenja emisije CO₂, smanjenja razine buke i poboljšanja energetske učinkovitosti.

Ustanovljeni su i najvažniji nepovoljni čimbenici:

- viši operativni troškovi prilikom korištenja EFV,
- nedovoljno razvijena infrastruktura za dopunjavanje goriva,
- problemi s pouzdanošću i kvarovima, visoki troškovi održavanja. [5]

3.3. Metoda distribucije primjenom upravljanja tokovima tereta

Tehnike minimiziranja troškova distribucije obično se fokusiraju na razvoj približno optimalnih planova distribucije korištenjem različitih tipova algoritama za rutiranje vozila. Gradska distribucija je, međutim, puno osjetljivija na neočekivane troškove i kašnjenja koji nastaju uslijed nepredviđenih negativnih utjecaja prilikom izvršenja planova isporuke, kao što su zadržavanja u prometu, kvarovi vozila, radovi na putu, nedostatak mjesta u skladištu korisnika i drugo. Mogu se razlikovati tri osnovna tipa problema:

- problemi koji nastaju od strane korisnika usluge: otkazivanje narudžbe, promjena vremena isporuke, novi zahtjevi korisnika, nedostatak mjesta za iskrcaj ili parkiranje,
- problemi koji nastaju zbog infrastrukture ili okruženja: gužve u prometu, kašnjenja zbog radova na infrastrukturi, utjecaj kiše ili snijega,
- problemi uzrokovani dostavnim vozilima: tipični primjeri podrazumijevaju prometne nezgode i/ili mehaničke nedostatke.

Svaka kategorija navedenih dinamičkih problema ima direktan utjecaj na izvršenje isporuke. Neočekivani događaji koji nastaju zbog infrastrukture i okruženja obično rezultiraju povećanjem vremena putovanja vozila, dok problemi nastali od strane korisnika rezultiraju ili povećanjem vremena usluge i ponovnog rutiranja vozila ili nepružanjem usluge uopće. Na kraju, u slučaju nastajanja problema od strane dostavnih vozila, efekt je obično parcijalna usluga ili odlaganje usluge.

Primjena samo inicijalnih planova distribucije, iako nužna, nije dovoljna za rješavanje takve vrste problema. Prednosti mobilnih tehnologija i tehnologija pozicioniranja omogućile su razvoj sustava za upravljanje voznim parkom koji omogućavaju teretnim prijevoznicima da prate svoj vozni park u realnom vremenu i poboljšaju učinak distribucije otklanjanjem nekih prethodno spomenutih problema. Međutim, sustavi koji se zasnivaju na ovim tehnologijama obično nisu projektirani da sustavno rješavaju nepredviđene događaje.

Usljed nesposobnosti sustava da izoliraju dio rasporeda isporuke na kojem se neočekivani događaj pojavio, s ciljem minimiziranja ometanja cjelokupnog rasporeda, intervencije se obično vrše manualno (na primjer, razgovorom između vozača i logističkih menadžera), o čemu ovisi i kvaliteta odluka.

Dinamika procesa distribucije uglavnom podrazumijeva algoritamske pristupe koji se fokusiraju na dinamički problem rutiranja vozila. Pored toga razvijeni su i različiti sustavi za praćenje vozila i detektiranje problema u gradskim sredinama. Većina ovih sustava fokusira se na upravljanje narudžbama koje pristižu tijekom izvršenja plana isporuke i trebaju biti dodijeljene vozilima u pokretu. Međutim, dinamičko naručivanje predstavlja samo podskup neočekivanih događaja koji mogu utjecati na učinak gradske distribucije tereta.

Efektivnost sustava upravljanja vozilima u distribuciji u realnom vremenu procjenjuje se na osnovu određenih pokazatelja učinka, a ti isti pokazatelji obuhvaćaju pojedine mjere učinka logistike i upravljanja distribucijom.

Pokazatelji učinkovitosti sustava prikazani su u tablici 1, a za potrebe financijske analize u navedenoj tablici prikazani su i pokazatelji koji prate operativne troškove.

Tablica 1. Pokazatelji učinka sustava [7]

Ključni indikatori efikasnosti	
Korisnički servis	Broj posjećenih klijenata
	Ukupan broj dostavnih područja
	Ukupan broj prekršaja
Operativni troškovi	Ukupan broj prijedanih kilometara
	Ukupno vrijeme provedeno na putu
	Ukupno vrijeme potrebno za servis vozila

4. ANALIZA PRIKAZANIH METODA DISTRIBUCIJE ROBA U GRADSKIM SREDIŠTIMA

U prethodnom poglavlju prikazane su tri različite mjere koje je moguće poduzeti u cilju rješavanja problema distribucije tereta u gradskim sredinama.

Generalno, svaka od navedenih metoda ima za cilj sveukupno poboljšanje distribucije roba u gradovima utjecajem na sljedeće pokazatelje:

- broj vozila/kilometara,
- broj vozila/sati,
- broj vožnji za istu količinu tereta,
- količina zagađenja,
- broj prometnih nezgoda,
- kvaliteta pružanja usluga.

Svaki od navedenih pokazatelja stanja prijevoza tereta u gradu ovisi od određenom broju čimbenika. Poduzimanjem određenih logističkih mjera može se (pozitivno ili negativno) utjecati na jedan ili više pokazatelja.

Fokus ovog poglavlja rada bit će usmjeren na usporednu analizu učinka prethodno opisanih metoda distribucije tereta. Da bi se ovakva analiza provela, potrebno je najprije utvrditi koji su troškovi prijevoza robe u gradu, a nakon toga izvršiti analizu učinka obrađenih metoda distribucije tereta, odnosno mogućnosti smanjenja pojedinih kategorija troškova prijevoza.

4.1. Troškovi prijevoza tereta u gradskim središtima

Ukupni troškovi prijevoza robe u gradu sastoje se od dviju komponenata i to:

- operativni troškovi
 - fiksni troškovi vozila i opreme
 - promjenjivi troškovi distribucije robe,
- vanjski (eksterni) troškovi prijevoza. [8]

4.1.1. Operativni troškovi

Operativni troškovi mogu se razdvojiti na fiksne i promjenjive. Pod promjenjivim troškovima podrazumijevaju se goriva, maziva, popravci i održavanja te gume. U fiksne troškove spadaju troškovi amortizacije, radnika, osiguranja te poreza. Na osnovu strukture navedenih troškova može se zaključiti da su ovi troškovi ovisni o području uporabe i vrsti vozila koje se koristi za prijevoz. Prema tome, da bi se uvidio učinak pojedinih metoda distribucije robe u pogledu operativnih troškova, potrebno je izvršiti analizu slučaja za područje na kojem se provodi neki logistički koncept. Zbog toga će metode koje su opisane u ovom radu biti analizirane prema kriteriju smanjenja vanjskih troškova prijevoza.

Kao primjer, u tablici 2 prikazani su jedinični operativni troškovi za određeni tip teretnog vozila.

Tablica 2. Operativni troškovi za određeni tip teretnog vozila [8]

Troškovna kategorija	Tip vozila 53t, 6 osovina		
	€/god	€/km	€/tkm
Gorivo	48361	0,322	0,0088
Ulja	1650	0,011	0,0003
Popravci i održavanje	17620	0,117	0,0032
Gume	10004	0,067	0,0018
Promjenjivi	77636	0,518	0,0142
Amortizacija	28028	0,187	0,0051
Kamata	8408	0,056	0,0015
Plaće	48046	0,320	0,0088
Osiguranje	6730	0,045	0,0012
Porez m.v.	2361	0,016	0,0004
Fiksni	93573	0,624	0,0171
Ukupno	171209	1,141	0,0313

4.1.1. Vanjski (eksterni) troškovi

Vanjski troškovi predstavljaju razne nepredviđene troškove te se oni bez specifične intervencije politike ne proračunavaju od strane sudionika u prijevozu. Korisnici prijevoza su, prema tome, suočeni s netočnim poticajima za potražnju i ponudu prijevoza, što dovodi do gubitka prihoda.

Cestovni prijevoz ima daleko najveći udio u ukupnim vanjskim troškovima prijevoza. Vanjski troškovi u cestovnom prijevozu mogu se grupirati kao:

- troškovi prometnih zagušenja:
 - nastaju uslijed međusobnog ometanja sudionika u prometu u prijevoznom sustavu ograničenog kapaciteta.
- Efekte gužvi u prometu s obzirom na infrastrukturu dijelimo na dva tipa:
- zagušenja na uskim grlima (raskrižja),
 - zagušenja protoka (prekoračenja kapaciteta prometnice).

Jedinični trošak prometnih zagušenja po vozilo/kilometru procijenjen je u opsegu od 0,24 do 0,35 €/voz/km. [9]

- troškovi prometnih nezgoda:
 - čine ih troškovi koji nisu obuhvaćeni rizikom koji pokrivaju premije osiguranja. Prema tome, razina vanjskih troškova ne zavisi samo o jačini prometnih nezgoda, već i o vrsti osiguranja. Najvažnije kategorije troškova prometnih nezgoda su: materijalna šteta, administrativni troškovi, medicinski troškovi, gubici proizvodnje. Jedinične vrijednosti troškova prometnih nezgoda u gradskim područjima za pojedine zemlje prikazani su u sljedećoj tablici 3.

Tablica 3. Marginalni troškovi prometnih nezgoda za teretna vozila u gradu [9]

€/1000 voz/km	Niski	Srednji	Visoki
Austrija	31,6	32,5	33,5
Belgija	69,0	71,1	73,3
Danska	52,3	53,9	55,6
Finska	6,5	6,7	6,9
Francuska	38,4	39,6	40,8
Njemačka	65,4	67,5	69,5
Irska Rep.	47,2	48,7	50,1
Nizozemska	85,2	87,9	90,5
Švedska	12,5	12,9	13,3
Švicarska	36,6	37,8	38,9
UK	30,9	31,8	32,8
Prosjek	43,2	44,6	45,9

- troškovi uslijed zagađenja zraka:
 - predstavljaju troškove koji su izazvani emisijom štetnih plinova te ih možemo podijeliti na kasnije troškove u zdravstvu, troškove zbog oštećenja zgrada/materijala i daljnje štete ekosustava. Najvažniji zagađivači su krute čestice, dušik oksidi, sumporov oksid, isparivi organski spojevi.

Jedinični troškovi zagađenja zraka u gradskom području za teretna vozila koja zadovoljavaju standarde EURO2 imaju opseg od 0,0469 – 0,1752 €/voz/km. [9]

- troškovi buke:
 - sastoje od troškova vezanih za uznemiravanje i narušavanje zdravstvenog stanja ljudi u neposrednom okruženju.

Troškovi uznemiravanja obično su ekonomski zasnovani na preferencijama pojedinca, dok se troškovi narušavanja zdravlja zasnivaju na brojkama oboljelih pojedinaca iz kritičnih okruženja od bolesti čiji uzrok dokazano može biti buka.

U cestovnom prometu emitirani zvuk uglavnom je sačinjen od zvuka pogonskog sustava i zvuka kotrljanja. Odnos oba izvora ovisi o brzini vozila. Pored brzine vozila, drugi važni čimbenici su ponašanje vozača, vrste guma, stanje vozila (redovito održavanje).

Jedinični troškovi buke u gradskom području za teretna vozila imaju opseg od 0,0344 – 0,5454 €/voz/km. [9]

- troškovi promjene klime:
 - proračun troškova uslijed klimatskih promjena izrazito je složen zbog činjenice da su dugoročni i da predstavljaju globalni rizik te da ih je i vrlo teško predvidjeti. Kao rezultat toga postoje teškoće da se vrijednost štete usmjeri na

nacionalni režim prometa. Zato je nužno primijeniti diferencirani pristup u koji treba uključiti i dugoročne rizike.

Jedinični troškovi promjene klime za teretna vozila prema različitim istraživanjima imaju opseg od 0,0078 €/voz/km do 0,1948 €/voz/km. [9]

- ostali vanjski troškovi:
 - ostali jedinični vanjski troškovi na gradskom području za teretna vozila iskazani kroz različite studije imaju opseg od 0,077 – 0,105 €/voz/km. [9]

4.2. Financijska analiza opisanih metoda distribucije tereta

Da bi se izvršila analiza utjecaja pojedinih metoda i da bi se izračunali troškovi, potrebno je najprije formirati hipotetski primjer distribucije robe u gradu, odnosno treba definirati one parametre distribucije koji su potrebni za izračunavanje troškova. Kako je jedinica svih troškova €/voz/km, jasno je da je ulazni parametar potreban za izračunavanje ukupnih troškova broj vozila i broj prijeđenih kilometara pri distribuciji.

Da bi se izračunali dnevni troškovi nekog prijevoznog sustava u nekom (hipotetskom) gradu, poći će se od pretpostavke da se distribucija tereta vrši sa 120 vozila, koja pritom prijeđu oko 1000 km u tom gradu.

Temeljem ovih podataka mogu se izračunati operativni i vanjski troškovi prijevoznog sustava, a samim tim i ukupni troškovi (Tablica 4.).

Tablica 4. Proračun troškova distribucije robe u gradu bez primjena metoda

Troškovna kategorija		Jedinični troškovi [€/voz/km]	Ukupni troškovi [€]	
Operativni troškovi	Promjenjivi	Gorivo	0,322	38.640,00
		Ulja	0,011	1.320,00
		Popravci i održavanje	0,117	14.040,00
		Gume	0,067	8.040,00
	Fiksni	Amortizacija	0,187	22.440,00
		Kamata	0,056	6.720,00
		Plaće	0,320	38.400,00
		Osiguranje	0,045	5.400,00
		Porezi	0,016	1.920,00
		Vanjski troškovi	Prometno zagušenje	0,35
Prometne nezgode	0,0446		5.352,00	
Zagađenje zraka	0,15		18.000,00	
Buka	0,3		36.000,00	
Promjena klime	0,18		21.600,00	
Ostali vanjski troškovi	0,09		10.800,00	

Ukupni troškovi sustava distribucije robe u kojem nije primijenjena niti jedna od opisanih metoda iznose 270.672,00 €.

4.2.1. Analiza metode distribucije primjenom konsolidacijskih centara

Dosadašnjim istraživanjima utvrđeno je da se uvođenjem gradskog distribucijskog terminala broj vožnji, odnosno broj pokretanja vozila u cilju isporuke robe smanjuje za 30-80%, a broj vozilo-kilometara može se smanjiti za 30-45%. Faktor iskorištenja teretnog prostora vozila, zavisno od modela, povećava se od 15-100%. [2]

Drugim riječima, da bi se ostvarila produktivnost minimalno kao u hipotetskom slučaju, potrebno je 84 vozila i prijeđenih u prosjeku 700 km. U Tablici 5. izračunati su ukupni troškovi uvođenjem sustava distribucije putem konsolidacijskog centra.

Tablica 5. Proračun troškova distribucije robe u gradu primjenom konsolidacijskih centara

Troškovna kategorija		Jedinični troškovi [€/voz/km]	Ukupni troškovi [€]	
Operativni troškovi	Promjenjivi	Gorivo	0,322	18.933,60
		Ulja	0,011	646,80
		Popravci i održavanje	0,117	6.879,60
		Gume	0,067	3.939,60
	Fiksni	Amortizacija	0,187	10.995,60
		Kamata	0,056	3.292,80
		Plaće	0,320	18.816,00
		Osiguranje	0,045	2.646,00
		Porezi	0,016	940,80
		Vanjski troškovi	Prometno zagušenje	0,35
Prometne nezgode	0,0446		2.622,48	
Zagađenje zraka	0,15		8.820,00	
Buka	0,3		17.640,00	
Promjena klime	0,18		5.292,00	
Ostali vanjski troškovi	0,09		10.800,00	

Ukupni troškovi sustava distribucije robe primjenom konsolidacijskih centara iznose 132.845,28 €.

4.2.2. Analiza metode distribucije primjenom ekološki prihvatljivih vozila

U dijelu rada gdje je opisana metoda distribucije primjenom ekoloških vozila, može se vidjeti da se primjenom takvog sustava operativni troškovi vozila smanjuju oko 30%. Prijevoz robe vozilima sa pogonom na biogorivo smanjilo bi utjecaj prijevoza na efekt staklenika za 5%, a električnim vozilima daleko više. Kapacitet ekoloških vozila je uglavnom manji od kapaciteta teških teretnih vozila, bez obzira što to neće previše utjecati na broj pokretanja vozila zbog toga što kapacitet teških teretnih vozila nije maksimalno iskorišten. Zbog navedenog, pretpostavka je da se broj pokretanja vozila povećava za 20% (144 vozila), a da broj prijeđenih kilometara ostaje isti zbog toga što se primjenom samo ove metode ne obavlja upravljanje tokovima tereta. Rezultati financijske analize prikazani su u tablici 6.

Tablica 6. Proračun troškova distribucije robe u gradu primjenom ekoloških vozila

Troškovna kategorija		Jedinični troškovi [€/voz/km]	Ukupni troškovi [€]	
Operativni troškovi	Promjenjivi	Gorivo	0,322	32.457,60
		Ulja	0,011	1.108,80
		Popravci i održavanje	0,117	11.793,60
		Gume	0,067	6.753,60
	Fiksni	Amortizacija	0,187	18.849,60
		Kamata	0,056	5.664,80
		Plaće	0,320	46.080,00
		Osiguranje	0,045	4.536,00
Vanjski troškovi	Porezi	0,016	1.612,80	
	Prometno zagušenje	0,35	43.200,00	
	Prometne nezgode	0,0446	6.422,40	
	Zagađenje zraka	0,15	7.200,00	
	Buka	0,3	5.760,00	
	Promjena klime	0,18	24.624,00	
Ostali vanjski troškovi	0,09	12.960,00		

Ukupni troškovi sustava distribucije robe primjenom ekološki prihvatljivih vozila iznose 229.003,20 €.

4.2.3. Analiza metode distribucije primjenom upravljanja tokovima tereta

Upravljanjem vozilima u realnom vremenu mogu se smanjiti ukupni troškovi na taj način što se smanjuje broj prijeđenih kilometara vozila, a što je još važnije, smanjuje se broj nultih kilometara vozila. Ova metoda uglavnom se primjenjuje u kombinaciji s nekom drugom metodom distribucije robe, ali će financijska analiza biti izvršena pojedinačno zbog toga što se želi prikazati učinak samo ove metode. U praksi se to rijetko viđa (ili ne postoji), ali zbog prethodno navedenog razloga ovdje će biti izvršena financijska analiza upravljanja teškim teretnim vozilima u isporuci u realnom vremenu. Prema tome, jedinični troškovi i broj pokretanja vozila bit će identični kao u slučaju kad nije primijenjena niti jedna metoda za poboljšanje distribucije tereta, ali će se smanjiti broj prijeđenih kilometara za oko 15% (850km). Rezultati financijske analize prikazani su u tablici 7.

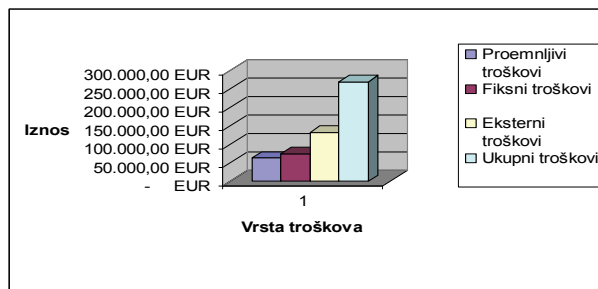
Tablica 7. Proračun troškova distribucije robe u gradu primjenom upravljanja tokovima tereta

Troškovna kategorija		Jedinični troškovi [€/voz/km]	Ukupni troškovi [€]	
Operativni troškovi	Promjenjivi	Gorivo	0,322	32.844,00
		Ulja	0,011	1.122,00
		Popravci i održavanje	0,117	11.934,00
		Gume	0,067	6.834,00
	Fiksni	Amortizacija	0,187	19.074,00
		Kamata	0,056	5.712,00
		Plaće	0,320	32.640,00
		Osiguranje	0,045	4.590,00
Vanjski troškovi	Porezi	0,016	1.632,00	
	Prometno zagušenje	0,35	35.700,00	
	Prometne nezgode	0,0446	4.590,00	
	Zagađenje zraka	0,15	15.300,00	
	Buka	0,3	30.600,00	
	Promjena klime	0,18	18.360,00	
Ostali vanjski troškovi	0,09	9.180,00		

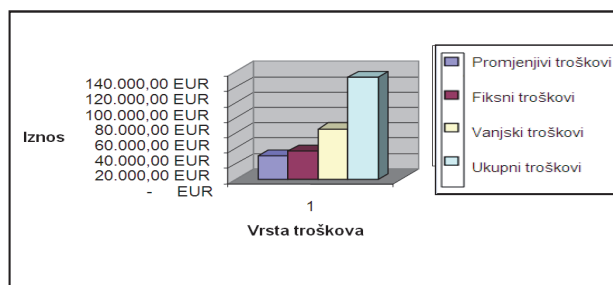
Ukupni troškovi sustava distribucije robe primjenom upravljanja tokovima tereta iznose 230.112,00 €.

4.3. Usporedna troškovna analiza pojedinih metoda

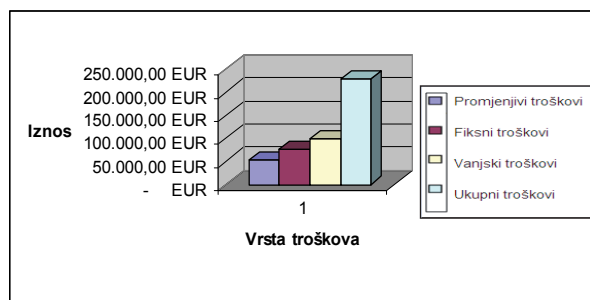
Grafički prikazi u dijagramima na slikama 1, 2, 3 i 4 predstavljeni su zbog lakše usporedbe učinka pojedinih metoda. Iz priloženog su lako izvedivi određeni zaključci, ali njima su prethodile iscrpne analize i studije u okviru kojih se samo empirijski moglo doći do upotrijebljenih podataka.



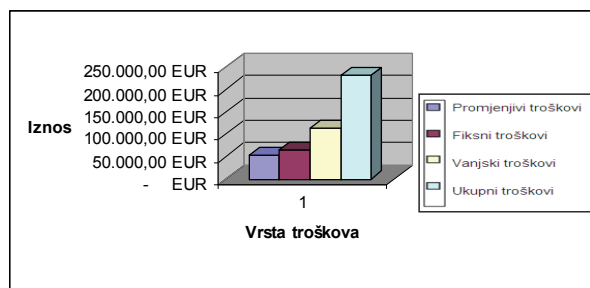
Slika 2. Grafički pregled troškova u okviru hipotetskog slučaja



Slika 3. Grafički pregled troškova u okviru metode s konsolidacijskim centrima



Slika 4. Grafički pregled troškova u okviru metode s ekološki prihvatljivim vozilima



Slika 5. Grafički pregled troškova u okviru metode upravljanja tokovima tereta

Najučinkovitiji sustav distribucije roba u gradskim područjima po kriteriju učinkovitosti distribucije i smanjenja negativnih utjecaja na okoliš, jest sustav centralizirane distribucije. Usporedba različitih distribucijskih sustava provedena u ovom radu također je pokazala značajne prednosti sustava centralizirane distribucije u odnosu na druge sustave distribucije. Iskustva pokazuju da uvođenje ovakvih distribucijskih sustava u praktičnu uporabu zahtijeva značajne financijske i prostorne resurse, što je značajan ograničavajući čimbenik. Kao što se moglo vidjeti, koncept distribucije primjenom konsolidacijskih centara, metoda distribucije primjenom ekoloških vozila te metoda distribucije primjenom upravljanja tokovima tereta, a koje su ovdje analizirane, u biti se dijametralno razlikuju, ali isto tako služe istoj svrsi i financijski se mogu promatrati na isti način.

5. ZAKLJUČAK

Cilj gradske logistike je optimizacija logističkih i transportnih aktivnosti u gradskim područjima, uzimajući u obzir prometnu infrastrukturu, prometne gužve i potrošnju energije. Ukratko može se definirati da se gradska logistika odnosi na sredstva i načine kako uspješno distribuirati teret u gradska središta, pokazujući učinkovitost gradskog teretnog transporta, s težnjom smanjenja prometnih gužvi i smanjenja negativnog utjecaja na okoliš.

U radu su prikazane najčešće metode regulacije distribucije robe u gradskim središtima. Poseban osvrt, projekcije i analize obavljene su za metodu regulacije dostave primjenom ekoloških vozila, metodu regulacije primjenom konsolidacijskih centara, te sustav regulacije dostave primjenom upravljivih tokova tereta. Komparacijom navedenih metoda regulacije dostave roba s obzirom na troškovne kriterije, najučinkovitijom se pokazala metoda distribucije primjenom konsolidacijskih centara.

6. LITERATURA

- [1] Šamanović, J.: *Logistički i distribucijski sustavi*, Ekonomski fakultet, Split, 1999.
- [2] Zečević, S.: *City logistika*, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet Beograd, Beograd, 2006.
- [3] Lewis, A.; Fell, M.; Palmer, D.: „*Freight Consolidation Centre Study*“, Department for Transport, London, 2010.
- [4] Browne, M.; Sweet, M.; Woodburn, A.; Allen, J.: „*Urban Freight Consolidation Centres Final Report*“, Transport Studies Group, University of Westminster, November 2005.
- [5] Evangelos Maroudas – Tsakyrellis, „*City Logistics for Sustainability - The Case of Stockholm*“, February 2011.
- [6] Dasburg, N.; Schoemaker, J.: „*BESTUFS II - D5.2 Quantification of Urban Freight Transport Effects II*“, University of Westminster, 2011.

- [7] Zeimpekis, V.: „*Goods distribution management in city logistics environment: A systemic approach*“ Department of Financial and Management Engineering, University of the Aegean, May 2011.
- [8] Olavi H. Koskinen, Jussi Sauna-aho, „*Nordic vs. Central european vehicle configuration; Fuel economy, emissions, vehicle operating costs and road wear*“, Delft, The Netherlands, June 2002.
- [9] Maibach, M. et. al.: „*Handbook on estimation of external costs in the transport sector*“ Delft, February 2008.

Kontakt autora:

mr. sc. Goran Kolaric

Žitna 14, 10 000 ZAGREB

Mob: 098/325-324

e-mail: goran.kolaric@mzos.hr