



STRATEŠKO OBLIKOVANJE DISTRIBUTIVNE MREŽE SLUŽBE ZA DOSTAVU -  
STUDIJA SLUČAJA

STRATEGIC DESIGN OF THE DELIVERY SERVICE DISTRIBUTION NETWORK -  
CASE STUDY

Nenad Lukić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – LOGISTIKA**

**Kratak sadržaj** – *Strateško odlučivanje podrazumeva proces donošenja odluka dugoročnog karaktera, što predstavlja polazni okvir za taktičko i operativno planiranje. Jedna od najvažnijih odluka na ovom nivou odlučivanja odnosi se na utvrđivanje pozicije jednog ili više objekata tj. na konfiguraciju nekog sistema. U radu opisan je postupak definisanja optimalne lokacije za jedan ili više distributivnih centara, u okviru lanca isporuke pošiljaka jedne nacionalne kurirske službe, na bazi korišćenja široko poznate lokacione metode - gravitacionog modela. Po utvrđivanju optimalne pozicije centara, izračunati su troškovi transporta na bazi realnog rastojanja, s ciljem upoređivanja dobijenih varijanti i realnog postojećeg sistema funkcionisanja.*

**Gljučne reči:** *distribucija na poslednjoj milji, distributivne mreže, lokacioni problemi, gravitacioni model, odlučivanje*

**Abstract** – *Strategic decision-making implies a long-term decision-making process, which is the starting point for tactical and operational planning. One of the most important decisions at this level of decision-making refers to determining the position of one or more objects, ie. on the configuration of a system. The paper describes the procedure for defining the optimal location for one or more distribution centers, within the delivery chain of a national courier service, based on the use of a well-known location method - gravity model. After determining the optimal position of the centers, the transport costs were calculated on the basis of real distance, with the aim of comparing the obtained variants and the real existing system of functioning.*

**Keywords:** *last mile distribution, distribution networks, location problems, gravity model, decision making.*

**1. UVOD**

Tradicionalna kupovina proizvoda podrazumevala je odlazak kupca u odgovarajući trgovinski objekat, fizičku proveru svojstava proizvoda „na licu mesta“ i konačno kupovinu istog. Kasnije su poštanski operatori preuzeli ulogu posrednika u isporuci robe koju bi kupac prethodno poručio putem kataloga, koji su se pojavili u XIX veku.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Marinko Maslarić, van. prof.**

Danas, u uslovima sve veće tržišne globalizacije i eri elektronskog poslovanja, savremene službe za dostavu pošiljaka predstavljaju jedan od najpopularnijih kanala distribucije, naročito na relaciji kompanija - potrošač. Od njih se očekuje da svojim korisnicima isporuče pošiljke u što kraćem vremenskom roku tj. da ponude uslugu visokog kvaliteta što ih i izdvaja od konkurencije na tržištu prevoza pošiljaka. Međutim, prilagođavanje specifičnim zahtevima korisnika može prouzrokovati visoke troškove, pa je cilj da se odgovarajućom konfiguracijom distributivne mreže troškovi minimiziraju. Mreža se obično organizuje sa jednim ili više većih terminala kojima gravitira veći broj manjih terminala. Dok manji terminali imaju funkciju generisanja odnosno privlačenja pošiljaka, veći terminali uglavnom služe za transformaciju robnih tokova, obavljajući različite logističke procese.

Najčešće korišćena metoda pri definisanju lokacije nekog logističkog objekta je gravitaciona metoda. Gravitacioni model je vrlo koristan i jednostavan metod za strateško utvrđivanje lokacije logističkih i drugih objekata, naročito na makrolokacijskom nivou. Rezultat njegove primene čini polaznu osnovu za definisanje lokacije sa mikrolokacijskog aspekta. Za preciznije rešavanje lokacionih problema kao i za dizajniranje konfiguracije distributivnih mreža, naročito su korisne različite metode operacionih istraživanja koje zahtevaju primenu računara sa jakim procesorima s obzirom na kompleksnost proračuna.

**2. SLUŽBE ZA DOSTAVU POŠILJAKA**

Dostava pošiljaka predstavlja plaćenu uslugu prevoza materijalnih dobara od pošiljaoca (pojedinaac ili kompanija) do krajnje lokacije – primaoca. U literaturi ne postoji univerzalna definicija ovog pojma; postoje određena tumačenja, zasnovana na poslovanju operatera koji pružaju uslugu dostave, a jedno od njih je definiše kao „isporuku pošiljaka većih od standardnog pisma, ali dovoljno malih da njima može rukovati jedno lice“ [1].

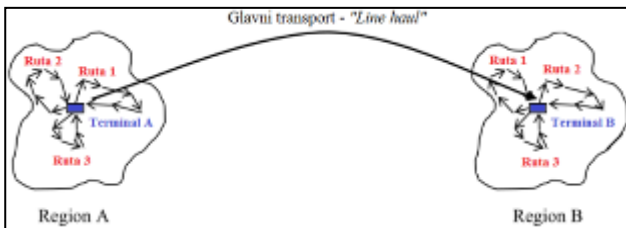
Savremene službe dostave (kao što su: *DHL, UPS, FedEx...*) u mogućnosti su da ponude širok spektar usluga, prilagođenih specifičnim zahtevima svojih klijenata. To podrazumeva prevoz različitih tipova robe (elektronski delovi, lekovi, pošta, dokumenti, proizvodi koji su osetljivi na vremenske rokove) kao i veoma brzu isporuku (u toku istog ili narednog dana) [2].

Kao posrednik u realizaciji tokova pošiljaka od pošiljaoca do primaoca, služba dostave se smatra jednim od najpopularnijih kanala distribucije, naročito za pošiljaoca većih količina robe [3]. Prema [3], pojednostavljeni

transportni tok pošiljaka u drumskom prevozu (slika 1), sastoji se iz sledećih procesa:

1. Služba dostave sakuplja pošiljke svojim dostavnim vozilima, u više „tura“.
2. Po povratku dostavnih vozila u terminal, pošiljke se sortiraju i utovaraju u prevozna sredstva većeg kapaciteta (DTS).
3. Transport do određišnog terminala/hub-a, što se u literaturi često naziva i „line haul“ (glavni prevoz). Obično je u pitanju linijski transport, zasnovan na određenom redu vožnje. U praksi se može javiti i više usputnih hub-ova, u kojima bi se, takođe, realizovale utovarne/istovarne aktivnosti vozila i sortiranje pošiljaka.
4. Istovar pošiljaka iz DTS i ponovno sortiranje, u zavisnosti od ruta za isporuku.
5. Utovar dostavnih vozila i isporuka do krajnjih korisnika (eng. „last mile“). Ovo je poslednji, najskuplji i, sa aspekta konkurentnosti, najvažniji segment u lancu dostave.

Opisana šema se može primeniti i na druge vidove transporta, s tim da je osnovna razlika tip prevoznog sredstva koji se koristi za glavni prevoz i vrsta terminala [1]. Struktura mreže dostave je obično ograničena po sistemu „hub-and-spoke“ sa jednim centralnim terminalom kome gravitira više manjih terminala.



Slika 1. Šema toka pošiljaka u drumskom transportu[4]

### 3. PRIMENA GRAVITACIONOG MODELA U REŠAVANJU LOKACIONIH PROBLEMA

Problem utvrđivanja lokacije fabrika, skladišta, distributivnih centara i ostalih logističkih objekata sastavni je deo brojnih disciplina: logistike, transportnih studija, industrijske ekonomije i slično, s obzirom na to da ovakva odluka direktno utiče na operativni uspeh kompanije. Lokacioni problemi, u širem smislu, podrazumevaju utvrđivanje pozicije jednog ili grupe objekata u prostoru određene dimenzionalnosti, dok se, u užem smislu obično radi o lociranju posmatrane tačke u dvodimenzionalnom prostoru, pri čemu se smatra da su dimenzije objekta zanemarljive u odnosu na posmatrani prostor: teritorija grada, regiona, države i slično [5].

Gravitacioni model je matematički model, koji se klasifikuje u statičko-kontinualni model lokacije. Veoma je jednostavan jer se bazira na faktorima poput količine robe i troškova transporta [6]. Definisanjem koordinata tačaka izvora robe i potražnje, zajedno sa količinama robe koju treba transportovati ka objektu nepoznate lokacije, ili obrnuto, kao i jediničnim transportnim troškovima, potrebno je utvrditi lokaciju – koordinate nepoznatog objekta. Cilj je da se minimiziraju ukupni troškovi transporta (TC) u jednoj tački, množenjem jediničnih troškova transporta ( $R_i$ ) sa količinom robe ( $V_i$ ) i pređenim rastojanjem od poznate do posmatrane tačke koja pred-

stavlja lokaciju tog objekta ( $d_i$ ), što se matematički može predstaviti na sledeći način:

$$MinTC = \sum V_i R_i d_i \quad (1)$$

Polazeći od koordinata izvorišta i potražnje ( $X_i, Y_i$ ), - lokacija posmatranog objekta ( $\bar{X}, \bar{Y}$ ) dobija se rešavanjem sledećih jednačina:

$$\bar{X} = \frac{\sum V_i R_i X_i / d_i}{\sum V_i R_i / d_i} \quad (2)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum V_i R_i Y_i / d_i}{\sum V_i R_i / d_i} \quad (3)$$

Rastojanje ( $d_i$ ) se računaprimenom naredne formule:

$$d_i = K \sqrt{(X_i - \bar{X})^2 + (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (4)$$

gde  $K$  predstavlja mrežni faktor kojim se jedinica koordinate pretvara u opštu jedinicu (metar ili kilometar).

Proces rešavanja lokacionog problema, primenom gravitacionog modela, je iterativne prirode i obuhvata sledeće korake:

1. Definisanje ulaznih parametara -  $X_i, Y_i, V_i R_i$ .
2. Proračun približne vrednosti inicijalnih lokacija preko sledeće formule:

$$\bar{X} = \frac{\sum V_i R_i X_i}{\sum V_i R_i} \quad (5)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum V_i R_i Y_i}{\sum V_i R_i} \quad (6)$$

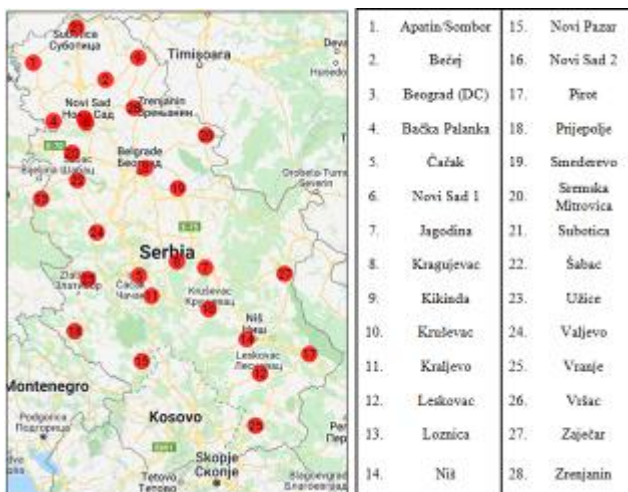
3. Koristeći  $\bar{X}$  i  $\bar{Y}$  iz prethodnog koraka, računa se  $d_i$  prema jednačini (4); faktor  $K$  ne mora biti korišćen u ovoj tački.
4. Zameniti  $d_i$  u jednačine (2) i (3).
5. Ponovo izračunati  $d_i$  pomoću  $\bar{X}$  i  $\bar{Y}$  koordinata.
6. Ponavljati korake 4 i 5 sve dok se  $\bar{X}$  i  $\bar{Y}$  koordinate ne promene za uspešnu iteraciju, ili se promene toliko malo da kontinualni proračun ne predstavlja problem.
7. Konačno, radi se proračun ukupnih troškova za najbolju lokaciju, ako je potrebno, koristeći jednačinu (1).

### 4. ANALIZA DISTRIBUTIVNE MREŽE SLUŽBE ZA DOSTAVU – STUDIJA SLUČAJA

Dostavna služba poseduje 28 poslovnih jedinica, što uključuje glavni distributivni centar lociran u Beogradu i 27 manjih poslovnih centara, raspoređenih širom zemlje. Sa logističkog aspekta, ovaj distributivni centar predstavlja čvorište u kom se realizuju sledeće logističke i transportne aktivnosti – utovar, istovar, razvrstavanje robe po regionima dopreme, identifikacija pošiljaka, merenje mase i ostalo.

Ostale poslovne jedinice gravitiraju tom centru, a služe za akumulaciju pošiljaka, utovar i istovar tzv. linijskih vozila (DTS) i krajnju isporuku – distribuciju pošiljaka.

Slika 2 prikazuje prostorni razmeštaj čvorova u mreži, sa distributivnim centrom u Beogradu, označenim brojem 3.



Slika 2. Prostorni razmeštaj poslovnih jedinica službe za dostavu (autorovo delo)

#### 4.1. Definisanje lokacije distributivnog centra primenom gravitacionog modela

Kao ulazni podaci (tabela 1), za pomenuti model korišćene su sledeće, unapred poznate, veličine:

- Koordinate 28 poslovnih jedinica, izražene u vidu decimalne vrednosti geografske širine (X) i dužine (Y) – preuzeto sa sajta *Google Maps*.
- Veličina robnog toka -  $V_i$ , koja predstavlja zbir količina pošiljaka koje svaka poslovna jedinica otpremi i dopremi, na nivou jedne godine.
- Jedinični troškovi prevoza -  $R_i$ , izraženi u „dinar/pošiljakkam“. Uzeta je fiksna (zadata) vrednost jediničnih troškova i iznosi 1.57 din/pošiljakkam.

Tabela 1. Ulazni podaci za gravitacioni model (autorovo delo)

Poslovne jedinice	$X_i$	$Y_i$	$V_i$
Apatin	45.76811393	19.14155379	241368
Bečej	45.61912064	20.03440013	170520
Beograd	44.8493617	20.52799227	3080508
Bačka Palanka	45.25839546	19.39164094	129408
Čačak	43.88814617	20.45814854	382860
Novi Sad 1	45.241780892	19.799928499	510708
Jagodina	43.96023349	21.28246295	249024
Kragujevac	44.01450946	20.92847497	413460
Kikinda	45.81410086	20.44940986	105480
Kruševac	43.58955334	21.32010266	387012
Kraljevo	43.70430165	20.61496616	161652
Leskovac	43.00595213	21.96107009	272184
Loznica	44.57412196	19.23584087	189060
Niš	43.31320565	21.79555187	747948
Novi Pazar	43.11629776	20.48969798	294420
Novi Sad 2	45.28643726	19.77304518	590148
Pirot	43.177782883	22.577923568	106380
Prijepolje	43.38919171	19.64934866	166416
Smederevo	44.66906791	20.93750788	681336
Sremska Mitrovica	44.97958804	19.61861042	233412
Subotica	46.07698599	19.6717623	455736
Šabac	44.74009782	19.69274416	474048
Užice	43.85577382	19.8185343	244092
Valjevo	44.27503142	19.92587864	373452
Vranje	42.52760407	21.90834039	284136
Vršac	45.1323572	21.28796717	129732
Zaječar	43.90247951	22.26457767	305328
Zrenjanin	45.37324194	20.39571182	212556

Primenom programa *Microsoft Excel*, urađeno je ukupno 50 iteracija, uključujući i nultu iteraciju. Primećeno je se da se ukupni troškovi ne snižavaju nakon iteracije pod brojem 47, uz veoma male promene u koordinatama lokacije, pa se smatra da ova iteracija daje optimalno rešenje. Dobijene su sledeće vrednosti koordinata:  $\bar{X} = 44.849360261$  i  $\bar{Y} = 20.527991853$ , što odgovara trenutnoj poziciji distributivnog centra (postojećem stanju) – Beograd, ulica Pančevački put, br. 60 (plavi kvadrat na slici 3). Na ovaj način, egzaktno je potvrđeno da je postojeća lokacija DC posmatrane kompanije dobro definisana.



Slika 3. Potencijalna lokacija distributivnog centra u iteraciji br. 47 (autorovo delo).

Realniji prikaz ukupnih troškova distribucije se dobija tako što se stvarno putno rastojanje između čvora i distributivnog centra pomnoži sa količinom preveznih pošiljaka na godišnjem nivou i jediničnim troškovima prevoza. Na taj način, dobijeno je da ukupni troškovi prevoza, na godišnjem nivou, za slučaj jednog distributivnog centra iznose **2.255.172.000 dinara**.

#### 4.2. Definisanje strukture mreže i lokacije za slučaj dva distributivna centra

Sledeći korak u sprovedenoj analizi podrazumevao je proveru potencijalnog prelaska na distributivnu mrežu sa dva DC. Proračunom rada sa dva DC dobiće se ukupni troškovi distribucije koji će se jednostavno uporediti sa postojećim troškovima, na osnovu čega će se zaključiti da li bi potencijalni prelazak na distribuciju sa dva DC bilo ekonomski opravdano rešenje.

Prethodno opisani postupak utvrđivanja lokacijemože da se koristi i za rešavanje problema izbora dve ili više lokacija u kontinualnom slučaju. Najpre se vrši sortiranje čvorova prema veličini robnog toka od najvećeg ka najmanjem, kako bi se videlo koji čvorovi u mreži generišu najviše pošiljaka u oba smera, te kao takvi mogu biti potencijalni distributivni centri. Konkretno, u pitanju su poslovne jedinice u Beogradu i Nišu. Ostali čvorovi u mreži se razvrstavaju u zavisnosti od toga kom potencijalnom distributivnom centru su bliži, na bazi rastojanja sa *Google Maps*-a.

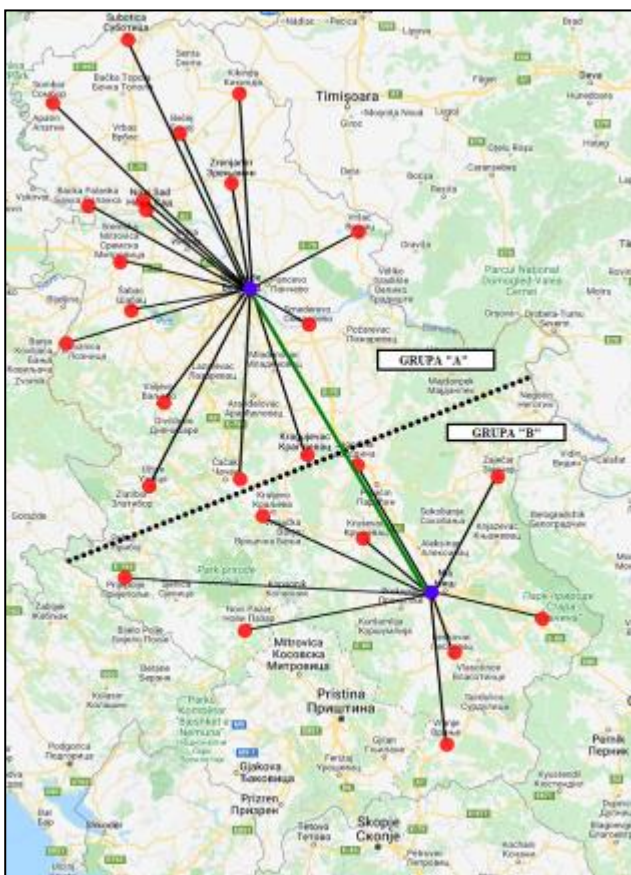
Za svaki od definisanih grupa („A“ i „B“) traži se centar gravitacije tj. ona lokacija koja daje najmanje troškove. Za čvorove koji pripadaju grupi „A“ urađeno je ukupno 36 iteracija (nulta + 35 iteracija). Iteracija pod brojem 33 daje sledeće koordinate prvog DC-a:  $\bar{X}=44.849361716$  i  $\bar{Y}=20.527991422$ , što odgovara lokaciji poslovne jedinice u Beogradu (slika 4).

Za čvorove koji gravitiraju niškoj poslovnoj jedinici (grupa „B“), urađeno je ukupno 62 iteracije (nulta + 61 iteracija). Iteracija pod brojem 59 daje sledeće koordinate DC-a:  $\bar{X}=43.313208111$  i  $\bar{Y}=21.795536573$ , što odgovara lokaciji poslovne jedinice u Nišu (slika 4).



Kao i u prethodnom potpoglavlju, troškovi se računaju množenjem rastojanja između čvora i *hub*-a, s brojem preveznih pošiljaka na toj relaciji (u toku jedne godine) i jediničnim troškovima prevoza. Troškovi prevoza za grupu „A“ iznosili su 1.074.807.067 dinara, a za grupu „B“ 407.665.354 din. Međutim, u slučaju mreže sa dva *hub*-a, neophodno je u obzir uzeti i trošak prevoza pošiljaka između njih – trošak „među-rute“ (označena zelenim na slici 4). U ovom slučaju neophodno je imati podatak o broju pošiljaka koje se preveze između dva distributivna centra; broj pošiljaka koji se preveze između Beograda i Niša iznosi 1.345.344, a u suprotnom smeru 972.708 pošiljaka, što u zbiru daje 2.318.052 pošiljke. Množenjem ove cifre sa realnim putnim rastojanjem između ta dva distributivna centra (245 km) i jediničnim troškovima (1.57 din/pošiljakkm) dobija se ukupni trošak među-rute, koji iznosi 893.543.556 din godišnje.

Konačno, sabiranjem troškova među-rute i troškova prevoza za grupe čvorova „A“ i „B“, dobijaju se ukupni troškovi za slučaj mreže sa dva distributivna centra na godišnjem nivou, i iznose **2.376.015.977 dinara**.



Slika 4. Izgled mreže sa dva distributivna centra (autorovo delo)

Primenom gravitacionog modela za rešavanje problema lokacije, a na osnovu ulaznih parametara u vidu pozicija poslovnih jedinica, veličina robnog toka i jediničnih troškova, pokazalo je se da implementacijom mreže sa dva distributivna *hub*-a troškovi prevoza iznose 2.376.015.977 dinara, što je za 120.843.977 dinara (~5.36%) veće od postojeće varijante sa jednim distributivnim centrom, lociranim u Beogradu. Drugim rečima, ne postoji potreba za uspostavljanjem mreže sa dva distributivna centra!

## 5. ZAKLJUČAK

U radu je obrađena konkretna studija slučaja u vidu komparativne analize dve varijante distributivne mreže za dostavu pošiljaka posmatrane kompanije, organizovane na bazi klasičnog *hub-and-spoke* sistema. U prvoj varijanti, mreža je organizovana sa jednim distributivnim centrom (*hub*-om), kroz koji prolaze svi tokovi pošiljaka, i većim brojem manjih poslovnih jedinica koji generišu odnosno privlače te pošiljke. Druga varijanta podrazumeva konfiguraciju mreže sa dva distributivna centra.

Dokazano je da je varijanta mreže sa dva *hub*-a skuplja za 5.36% u odnosu na postojeću mrežu sa jednim distributivnim centrom. Iako je razlika relativno niska, uspostavljanje još jednog centra zahtevalo bi i dodatnu nabavku postrojenja za razvrstavanje pošiljaka, kao i potencijalno proširenje postojeće lokacije ili potpunu relokaciju centra, što bi zahtevalo i kupovinu ili zakup novog zemljišta. Konačna odluka o izboru modela distributivne mreže i lokaciji objekata u njoj, treba da se zasniva na sveobuhvatnom sagledavanju brojnih ekonomskih i ostalih faktora i kriterijuma, a ne samo sa aspekta troškova transporta. U tom procesu, od posebne koristi može biti primena višekriterijumske analize, koja u zavisnosti od zadatih kriterijuma i njihove težine, pronalazi najbolje rešenje za dati problem.

## 6. LITERATURA

- [1] Labiyi, F.G., „How can parcel (package) delivery logistics company re-engineering their process to minimize the high send-again (returns): A study based on UPS (United Parcel services) Delivery Logistic Company in Jönköping Sweden“, Jönköping International Business School, 2018.
- [2] <https://econo-courier.com/quick-history-courier-industry/>
- [3] van der Helm, P., „Competitiveness of Logistics Service Centers in the High Volume Parcel Delivery Market“, Eindhoven University of Technology, 2015.
- [4] Bukumirović, M., Blagojević, M., „Kurirska, ekspres i paketska služba i sledljivost pošiljaka u poštanskoj logistici“, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2008.
- [5] Vidović, M., Miljuš, M., „Lokacijski problemi – značaj, vrste i načini rešavanja“, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2004.
- [6] Maslarić, M., *Skriptazapredmet „Oblikovanje logističkih procesa u lancima snabdevanja“*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

### Kratka biografija:



**Nenad Lukić** rođen je u Šapcu 1996. god. Tehničku školu Šabac, smer Tehničar drumskog saobraćaja, završava 2015. godine i iste godine upisuje Fakultet tehničkih nauka, departman za saobraćaj i transport u Novom Sadu, na kome u septembru 2019. godine stiče zvanje – diplomirani inženjer saobraćaja.

kontakt: [lukicnenad96@gmail.com](mailto:lukicnenad96@gmail.com)