

# Analiza učinkovitosti PEDELEC-a na području grada Osijeka

---

**Aračić, Stjepan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:283433>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-09**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET**

**Sveučilišni studij**

**ANALIZA UČINKOVITOSTI PEDELEC-A NA  
PODRUČJU GRADA OSIJEKA**

**Završni rad**

**Stjepan Aračić**

**Osijek, 2023.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK****Obrazac Z1P - Obrazac za ocjenu završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju**

Osijek, 12.07.2023.

Odboru za završne i diplomske ispite

**Prijedlog ocjene završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju**

<b>Ime i prezime Pristupnika:</b>	Stjepan Aračić
<b>Studij, smjer:</b>	Preddiplomski sveučilišni studij Elektrotehnika i informacijska
<b>Mat. br. Pristupnika, godina upisa:</b>	4179, 09.02.2016.
<b>OIB Pristupnika:</b>	31720404315
<b>Mentor:</b>	izv. prof. dr. sc. Hrvoje Glavaš
<b>Sumentor:</b>	mr. sc. Dražen Dorić
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	
<b>Naslov završnog rada:</b>	Analiza učinkovitosti PEDELEC-a na području grada Osijeka
<b>Znanstvena grana rada:</b>	<b>Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)</b>
<b>Zadatak završnog rad:</b>	Zadatak rada je analizirati realne mogućnosti primjene PEDELEC-a na području grada Osijeka tj. druge strategije energetske učinkovitosti u prometu, promjene prijevoznog sredstava. Potrebno je istražiti povijesni razvoj PEDELEC-a i opisati svojstva osnovnih tehničkih karakteristike. Primjenom GIS podrške otvorenog koda mapirati osnovne biciklističke pravce i odrediti optimalne brzine prometovanja. Na osnovu prikupljenih
<b>Prijedlog ocjene završnog rada:</b>	Izvrstan (5)
<b>Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:</b>	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 3 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 2 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 2 bod/boda Razina samostalnosti: 3 razina
<b>Datum prijedloga ocjene od strane mentora:</b>	12.07.2023.
<b>Datum potvrde ocjene od strane Odbora:</b>	
Potvrda mentora o predaji konačne verzije rada:	Mentor elektronički potpisao predaju konačne verzije.
	Datum:

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA**

Osijek, 22.07.2023.

Ime i prezime studenta:

Stjepan Aračić

Studij:

Prediplomski sveučilišni studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija

Mat. br. studenta, godina upisa:

4179, 09.02.2016.

Turnitin podudaranje [%]:

6

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Analiza učinkovitosti PEDELEC-a na području grada Osijeka**

izrađen pod vodstvom mentora izv. prof. dr. sc. Hrvoje Glavaš

i sumentora mr. sc. Dražen Dorić

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija. Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

# SADRŽAJ

1.	UVOD .....	1
1.1.	Zadatak .....	1
1.2.	Metodologija .....	2
2.	PEDELEC .....	3
2.1.	Tehničke karakteristike PEDELEC-a.....	5
2.1.1.	Motor .....	5
2.1.2.	Baterijski paket .....	6
2.1.3.	Kontroler.....	7
2.1.4.	Upravljački zaslon .....	10
2.2.	Trendovi u razvoju PEDELEC-a .....	10
3.	PROMETNE STRATEGIJE I INFRASTRUKTURA.....	12
3.1.	Prometne strategije .....	12
3.1.1.	Smanjenje ovisnosti o individualnom prijevozu .....	13
3.1.2.	Unaprjeđenje infrastrukture za biciklizam i pješaćenje.....	13
3.1.3.	Poticanje inovacija i tehnološkog napretka .....	13
3.1.4.	Promjena logističkih i transportnih mreža.....	14
3.2.	Čimbenici pri odabiru prijevoznog sredstva .....	14
3.3.	Biciklistička infrastruktura u Osijeku .....	15
4.	MAPIRANJE I GIS.....	16
4.1.	<i>Heatmap</i> .....	16
4.2.	GIS otvorenog koda .....	17
4.3.	Mapiranje Osječkih ruta korištenjem programske podrške otvorenog koda.....	18
5.	REZULTATI I ANALIZA .....	19
5.1.	Brzine kretanja .....	19
5.2.	Područja smanjene brzine kretanja.....	21
5.2.1.	Semafori.....	22

5.2.2.	Pružni prijelazi.....	22
5.2.3.	Prekidi biciklističke staze .....	22
5.2.4.	Radovi.....	23
5.2.5.	Ostale prepreke i ograničenja .....	23
5.3.	Optimalne brzine prometovanja PEDELEC.....	25
6.	ZAKLJUČAK .....	26
	LITERATURA.....	27
	SAŽETAK.....	30
	ABSTRACT .....	31
	ŽIVOTOPIS .....	32

# 1. UVOD

Prometni sustav u suvremenom gradu donosi mnoge izazove, posebno u pogledu energetske učinkovitosti i zaštite okoliša. Brzi rast broja stanovnika i vozila tokom prošlog stoljeća, dovodi do povećanja emisija štetnih plinova, buke i zagušenja prometa, što negativno utječe na kvalitetu života i zdravlje ljudi. U tom kontekstu, sve više gradova diljem svijeta, uključujući i grad Osijek, prepoznaju bicikl kao jedno od ključnih sredstava u promicanju održive mobilnosti.

Bicikl kao prijevozno sredstvo, osim što je ekološki prihvatljiv, ima brojne prednosti i za korisnike. Bicikl je jeftin, ne zagađuje zrak, ne stvara buku, prometuje brzo, a pritom i korisniku osigurava fizičku aktivnost, što ima pozitivan utjecaj na zdravlje i formu. Uz to, bicikli su vrlo prilagodljivi i fleksibilni, te se mogu koristiti u svrhu rekreacije, ali i u svakodnevnom životu, kao prijevozno sredstvo za odlazak na posao, školu, trgovinu ili druge aktivnosti. Međutim, mnogi se još uvijek ne odlučuju na bicikliranje zbog različitih razloga, kao što su neodgovarajuće vremenske prilike, loša kondicija, strah od nesreća i druge prepreke. U ovom radu istražiti ćemo realne mogućnosti primjene PEDELEC-a na području grada Osijeka. Posebno ćemo se usredotočiti na njegove tehničke karakteristike, kao i na upotrebu GIS podrške otvorenog koda za mapiranje biciklističkih pravaca i određivanje optimalne brzine prometovanja.

Opisani su povijesni razvoj PEDELEC-a i njegove tehničke karakteristike, za mapiranje biciklističkih pravaca i određivanje optimalne brzine prometovanja korištena je GIS podrška otvorenog koda. Na kraju, temeljem prikupljenih podataka analizirana je opravdanosti upotrebe PEDELEC-a u gradu Osijeku i njegove primjene kao jedne od strategija energetske učinkovitosti u prometu. Ovaj rad ima za cilj pružiti uvid u praktičnost i prednosti korištenja PEDELEC-a u urbanim sredinama

## 1.1. Zadatak

Zadatak rada je analizirati realne mogućnosti primjene PEDELEC-a na području grada Osijeka tj. druge strategije energetske učinkovitosti u prometu, promjene prijevoznog sredstava. Potrebno je istražiti povijesni razvoj PEDELEC-a i opisati svojstva osnovnih tehničkih karakteristika. Primjenom GIS podrške otvorenog koda mapirati osnovne biciklističke pravce i odrediti optimalne brzine prometovanja. Na osnovu prikupljenih podataka donijeti zaključke opravdanosti upotrebe PEDELEC-a.

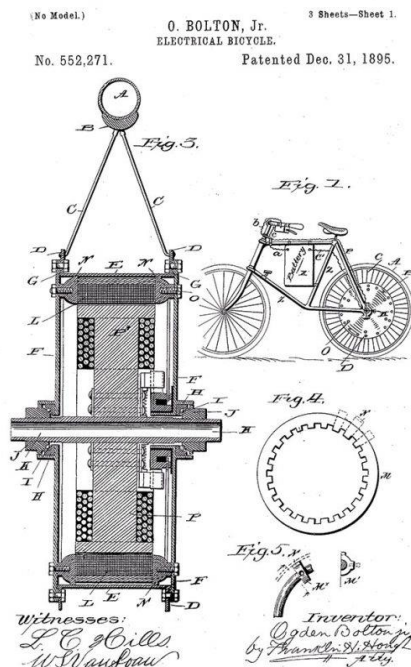
## **1.2. Metodologija**

Metodologija rada i plan istraživanja temelje se na postavljenom cilju. Predmetno je istraživanje provedeno u četiri osnovne etape. Rad se sastoji od šest poglavlja. Prvo poglavlje pruža uvod i opisuje zadatak rada. U drugom poglavlju se opisuje povijesni razvoj PEDELEC-a i njegove tehničke karakteristike. Nakon čega su nabrojani trendovi u razvoju električnih bicikala. Treće poglavlje obuhvaća istraživanje prometnih strategija i smjernica za razvoj prometne infrastrukture u Europi. Nakon toga su nabrojani čimbenici kod odabira prijevoznog sredstva i opisana biciklistička infrastruktura u Osijeku. U četvrtom poglavlju se obrađuje postupak mapiranja, primjena mapiranja i opisuje postupak i korišteni alati za mapiranje osječkih ruta analiziranih u ovom radu. Na kraju se u petom poglavlju analiziraju rezultati mapiranja na temelju kreiranih grafova brzina kretanja i karte koja prikazuje brzine kretanja i područja smanjene brzine kretanja. U konačnici šesto poglavlje donosi zaključna razmatranja proizašla iz provedene analize.



## 2. PEDELEC

Električni bicikli imaju dugu povijest koja seže još u 19. stoljeće. Prvi bicikli, nazvani "Vélocipède" s pedalama, konstruirani su 1817. godine u Njemačkoj od strane Karla Freiherra von Draise. U godinama koje su uslijedile, bicikl se nastavio razvijati, a 1864. James Slater je izumio lanac koji omogućava da se kotači pokreću neovisno jedan od drugog. Godine 1870. James Starley je dodao žbice na kotače, što je poboljšalo izdržljivost i stabilnost bicikla. Godine 1885. John Starley Kemp je dizajnirao moderni bicikl, Rover, s dvije jednake veličine kotača i okvirom koji je omogućavao vozaču da sjedi u uspravnom položaju. Godine 1888. pojavila se guma na kotačima, što je poboljšalo udobnost vožnje [1].



Slika 2.1. Patent za električni bicikl - Ogden Bolton Jr [2]

U 1990-ima i 2000-ima, električni bicikli su postali popularni u Aziji i Europi, posebno u Kini, Njemačkoj, Švedskoj i Nizozemskoj, zbog rastuće svijesti o okolišu i potrebe jeftinijim i dostupnijim načinima prijevoza. Danas, bicikli s električnim pogonom su jedna od najbrže rastućih kategorija prijevoznih sredstava, dostupni u raznim modelima i konfiguracijama za različite namjene.

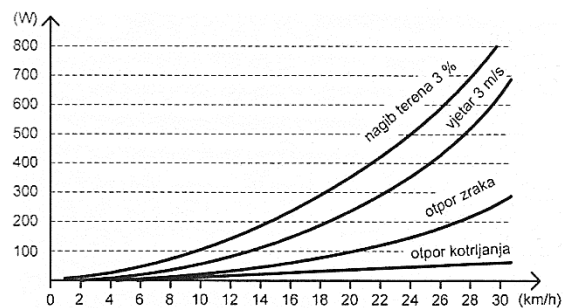
Tijekom 20. stoljeća, bicikl se nastavio razvijati i električni bicikli su postupno postajali dostupniji zahvaljujući napretku u tehnologiji baterija i električnih motora. Godine 1975. Panasonic je predstavio svoj prvi električni bicikl "pony", a 1989. Sanyo je uveo NiCd baterije

koje su poboljšale performanse i trajanje baterije. Godine 1993. Yamaha je predstavila svoj *Pedal-Assist-System* (PAS), a u 2002. godini, europska legislativa o e-mobilnosti, EU 2002/24/EC, je uvela regulacije za električna vozila [1].



Slika 2.2. PEDELEC [3]

Definiciju PEDELEC-a dala je EU, a vrijedi u cijeloj Europi i može se razlikovati od definicija u ostatku svijeta. Prema istoj direktivi EU (norma EN15194) za motorna vozila smatra se da je PEDELEC bicikl samo ako udovoljava kriterijima da snaga motora ne prelazi 250W i brzina kretanja potpomognuta elektromotorom ne prelazi 25km/h [1].



Slika 2.3. Potrebna snaga u ovisnosti brzine [1]

PEDELEC se u odnosu na klasični bicikl razlikuje u masi, postizanju većih prosječnih brzina i većim ubrzanjem, dok u ostalim aspektima ne postoje značajne razlike u odnosu na klasični bicikl. Prilikom vožnje najveći problem vozaču predstavljaju uzbrdice i jak vjetar (Slika 2.3.). Usprkos većoj masi od klasičnog bicikla omogućuje lakše savladavanje izraženih visinskih razlika, vjetra i smanjuje opterećenje osobama koje ne smiju biti izložene prekomjernom fizičkom naporu [4].

## 2.1. Tehničke karakteristike PEDELEC-a

Osnovi elementi koji karakteriziraju PEDELEC vidljivi su na slici 2.4. Pod brojem 1. pedale, 2. baterijski paket, 3. kontroler, 4. zaslon (upravljačko sučelje) i 5. motora.



Slika 2.4. Smještaj motora i baterije [5]

Električni bicikli su vrlo slični klasičnim i jedina prava razliku su dodane električne komponente.

### 2.1.1. Motor

PEDELEC koristi nekoliko različitih tipova električnih motora:

- Istosmjerni motor, DC (eng. Direct Current) - jednostavan, ali težak i manje učinkovit
- Beskolektorski istosmjerni motor, BLDC (eng. Brushless Direct Current) - manji, lakši, učinkovitiji i sa većim rasponom brzine vrtnje motora.

Ovisno o izvedbi motor može biti smješten na mjestu pogonske osovine, u prednjem ili stražnjem kotaču kao što je označeno brojem 5 (Slika 2.4. **Smještaj motora i baterije**). Iako nisu vrlo česti, postoje električni bicikli s dva pogonska kotača u kojima se motori u kotaču koriste na prednjem i stražnjem kotaču.

Motor u kotaču (*Hub-Drive System*) - pruža potporu direktno na kotač [6]

Prednosti:

- Jeftiniji nego mid-drive, manje složen za izgradnju.
- Manje učinkovit u brdovitom terenu, ali pruža veću brzinu na ravnom terenu
- Dovoljno okretnog momenta.

Nedostaci:

- Povećano opterećenje pogonskog kotača.

- Težište na stražnjoj strani bicikla.
- Izložen kontroler i senzor pomoći u vožnji pedala.
- Dodatna složenost i vrijeme potrebno za popravak gume.

Motor u pogonskoj osovini (*Mid-Drive System*) pruža potporu preko pogonskog sklopa, jednako kao i klasični bicikl [6].

Prednosti:

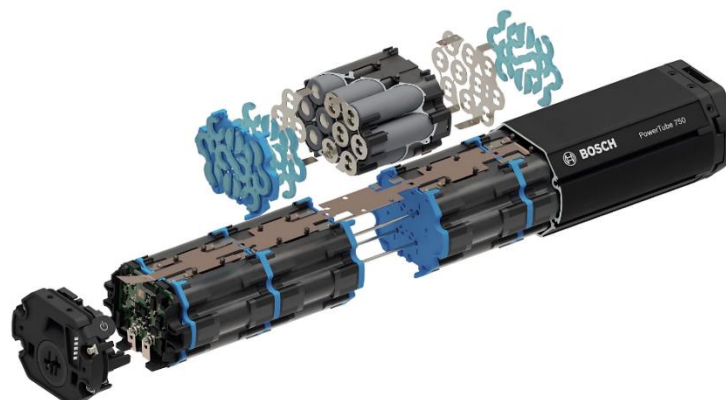
- Više okretnog momenta i širi raspon broja okretaja
- Ravnomjerniju raspodjelu mase i bolju stabilnost bicikla
- Glatka i prirodna isporuka snage
- Bolji estetski izgled jer se okvir često posebno dizajnira za motor i bateriju

Nedostaci:

- Cijena, okvir bicikla posebno je dizajniran za motor i bateriju
- Okretanje pedala s praznom baterijom (ovisno o modelu) može pružiti dodatan otpor

### 2.1.2. Baterijski paket

Pojam baterijski paket se odnosi na cijeli sklop koji uključuje pojedinačne baterijske ćelije i elektronički sklop koji upravlja punjenjem i pražnjenjem baterija. Za sustav za upravljanje radom baterije se koristi kratica BMS (eng. *Battery management system*). Uz upravljanje tokom energije vrlo bitna zadaća BMS-a je praćenje temperature samog paketa, budući da prekomjerno zagrijavanje može uzrokovati ubranu degradaciju pojedinih ćelija [7].



Slika 2.5. Baterijski paket [8]

Najčešće se koriste baterijski paketi s naponom 36 V [7] i kapaciteta u rasponu 300 do 750 Wh, također su dostupni i modeli na koje je moguća montaža dodatne baterije[8]. Većina modernih električnih bicikla koriste litij-ionske ćelije zbog njihove visoke učinkovitosti, manje mase,

dimenzija, te relativno brzog punjenja. Obično se uklonjiva baterija nalazi u prednjem trokutu okvira bicikla ili stražnjem nosaču tereta (**Slika 2.4.**). Na skupljim biciklima baterija je najčešće integrirana u okviru bicikla (**Slika 2.6.**).



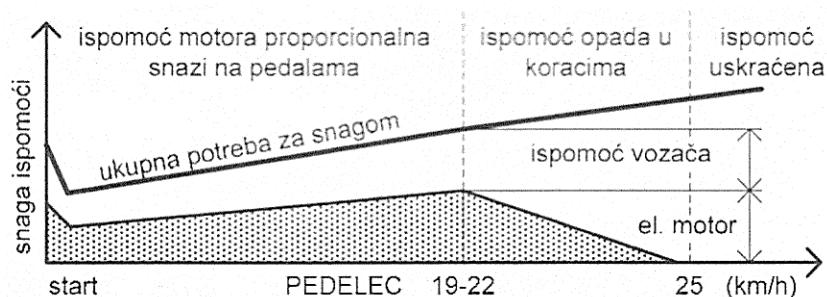
Slika 2.6. Baterijski paket integriran u okvir bicikla [9]

Domet PEDELEC-a se odnosi na maksimalan prijeđeni put s jednim punjenjem baterije. Domet ovisi o nizu faktora kao što su teren, masa vozača, razina potpore, vjetar i dr. PEDELEC sa bosch sustavom i s baterijskim paketom kapaciteta 400 Wh ima domet od 50-114 km, ovisno o nabrojanim faktorima [10].

### 2.1.3. Kontroler

Kontroler je ključni dio PEDELEC-a, koji upravlja radom motora pružajući odgovarajuću potporu za vrijeme vožnje regulirajući broj okretaja i okretni moment motora. Sustav se temelji PAS-u, koji upravljan informacijama koje prima od senzora, putem kojih detektira aktivnost pedala i samo kada se one kreću pruža potporu.

Prve izvedbe su koristile senzor kadence, postupno ga je zamijenio senzor okretnog momenta zbog boljih karakteristika pružajući vožnje sličan klasičnom biciklu.



Slika 2.7. Potpora motora u ovisnosti brzine [1]

Senzor kadence mjeri kadencu (broj okretaja pedala) i pruža potporu u njoj ovisnosti. Količina potpore ovisi o unaprijed odabranoj razini potpore. Ovakvi sustavi su nešto tromiji u odnosu na ostale, isporuka snage može biti gruba, ali su jeftini i jednostavni za ugradnju [11].

Senzor okretnog momenta mjeri okretni moment na pogonskoj osovinu, odnosno snagu pritiska na pedale, povećavajući ili smanjujući potporu. Prve izvedbe su postupno smanjivale razinu potpore u ovisnosti od brzine (Slika 2.7.), dok novije najčešće imaju neku od postavki kod kojih se razina potpore ne smanjuje (Slika 2.11.).

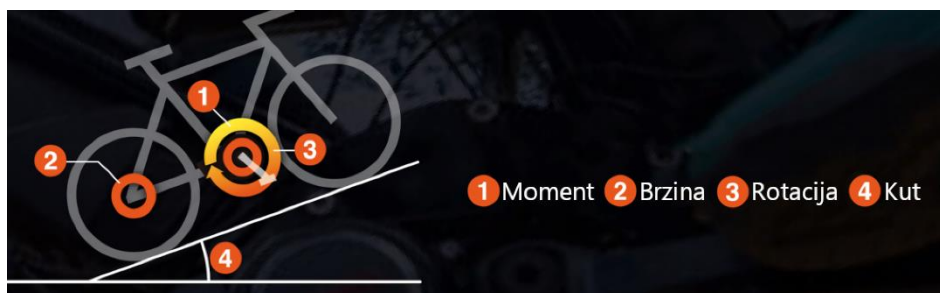
Senzori okretnog momenta manje su primjetni u radu. Pružaju intuitivniji osjećaj vožnje bez potrebe za navikavanjem kod prijelaza sa klasičnog bicikla. Budući da je razina potpore proporcionalna sili na pedalama, motor daje samo onoliko snage koliko je potrebno, zbog čega se smanjuje potrošnja energije i povećava domet [11].

Najnapredniji sustavi koriste složenije sustave koji kombiniraju više senzora, poput Bosch sustava sa tri senzora ili Yamaha Quad sa četiri.



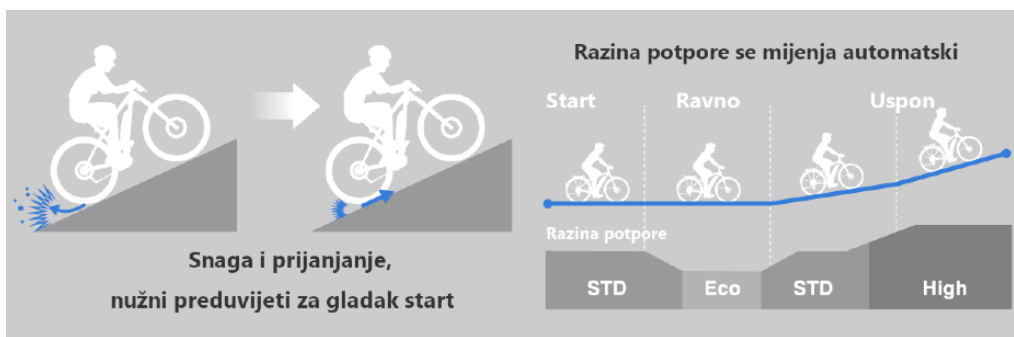
Slika 2.8. Upravljačka jedinica [12]

Za upravljanje postavkama PAS-a, na upravljaču su uobičajeno smještene upravljačka jedinica za promjenu razine potpore, svjetla, stanje baterije i pregled trenutnih postavki (Slika 2.8.). Većina PEDELEC-a dolazi sa mogućnošću odabira različite razine potpore, ovisno o modelu i proizvođaču, najčešće je moguć odabir od 3 do 5 razina. Neki modeli imaju dodatnu postavku *walk-assist mode* [13] koja pruža potporu i kada vozač nije na biciklu, za pomoć prilikom guranja da bi se smanjila potreba za podizanjem bicikla.



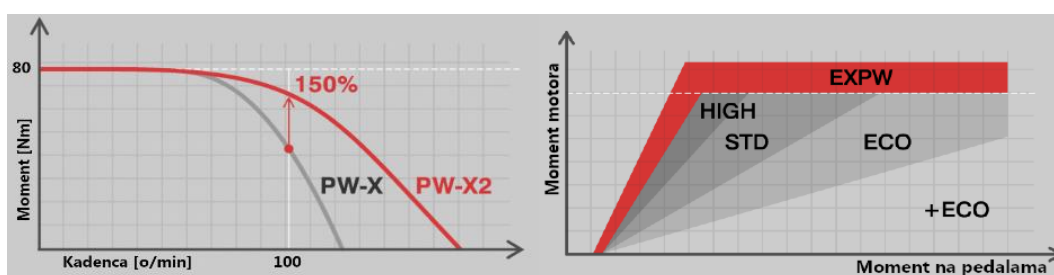
Slika 2.9. *Quad sensor system* [14]

“*Quad Sensor System*” - Sustav Yamaha Quad X2 koristi četiri senzora (Slika 2.9.). Uz senzore okretnog momenta i kadence, upotrijebljeni su senzor nagiba i brzine. Na taj način se ostvaruje razina potpore koja prilagođena trenutnim uvjetima vožnje [14].



Slika 2.10. *Automatic Support Mode* [14]

*Quad* sustav, ima na raspolaganju i *Automatic Support Mode* (automatsku potporu) (Slika 2.10.), gdje kontroler automatski mijenja stupanj potpore ovisno uvjetima vožnje [14].



Slika 2.11. Ovisnost okretnog momenta motora [15]

(Slika 2.11. Ovisnost okretnog momenta motora.) prikazuje okretni moment motora u ovisnosti o kadenci i momentu na pogonskoj osovinu odnosno snazi koju ulaže vozač za svaku od postavki. Crvenom je bojom naglašena najviša postavka koja pruža dodatni okretni moment u visokoj kadenci i strmiju krivulju okretnog momenta bez pada potpore kod veće sile pritiska na pedale.

## 2.1.4. Upravljački zaslon

Dodatno, kontroler uz upravljačku jedinicu može biti opremljen zaslonom ili na naprednijim sustavima mobilnim telefonom koji je bežično povezan sa kontrolerom. Na zaslonu pokazuje brzinu, snagu, razinu baterije, razinu potpore, temperaturu, interaktivnu kartu, razinu potpore i dr., a najčešće je smješten na sredini upravljača. Slika 2.12. prikazuje mogućnosti i funkcije Bosch Kiox sustava.



### ⊕ / ⊖ tipke za odabir načina potpore.

<b>Eco</b>	Učinkovita potpora za maksimalan domet
<b>Tour</b>	Konstantna potpora za duge vožnje
<b>Tour+*</b>	Kontinuirana potpora za štednju energije
<b>Sport</b>	Snažna potpora za sve tipove vožnje
<b>eMTB**</b>	Dinamična potpora za prirodan doživljaj
<b>Turbo</b>	Maksimalna potpora za izazovne vožnje

### Funkcije

<b>A</b> Aktivacija potpore za duge vožnje snlkdan	<b>F</b> Vrijeme ili brzina
<b>B</b> Aktivacija potpore za duge vožnje snlkdan	<b>G</b> Odabrana razina potpore
<b>C</b> Tipka potpore za duge vožnje	<b>H</b> Svjetlo uključeno
<b>D</b> Vozačev napor i razina potpore	<b>I</b> Razina baterije
<b>E</b> Trenutna brzina u odnosu na prosječnu brzinu	<b>J</b> eShift
	<b>K</b> Trenutna brzina
	<b>L</b> Paljenje i gašenje svjetla

Slika 2.12. Zaslona i upravljačke jedinice PAS-a za Bosch Kiox sustav [16]

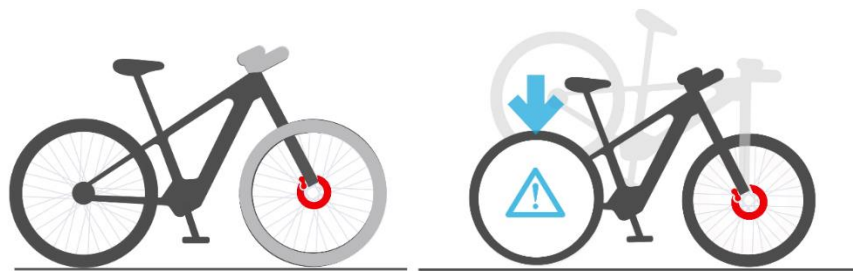
## 2.2. Trendovi u razvoju PEDEDEC-a

Različiti pristupi u tehničkoj realizaciji mogu se prepoznati kroz trendove od kojih navodimo samo izražene [17]:

- Veća učinkovitost baterija i motora kako bi se povećala autonomija



- Konektivnost, koriste funkcije poput prijenosa podataka preko Bluetootha i Wi-Fi-a, mobilnih i web aplikacija, putem kojih je moguće detaljnije upravljanja postavkama ili pristup podacima zabilježenih na putnom računalu. Primjer takvog sustava je *Shimano e-tube project app - Free Shift* i *Auto Shift* funkcionalnosti PEDELEC-a [18]:
  - Free Shift - omogućava promjenu brzina dok se pedale ne vrte, motor automatski okreće prednji zupčanik dok pedale miruju, mjenjač se istovremeno pomiče u odgovarajuću brzinu. U ovom postavci vozač i dalje samostalno odlučuje o promjeni brzina, na temelju koje sustav vrši promjenu dok pedale miruju a bicikl se kreće.
  - Auto Shift - kontroler će na osnovu informacija o brzini, kadenci i sili na pedalama potpuno autonomno promijeniti u najprikladniju brzinu.
- Integracija elektronike, baterije, kočnica i drugih komponenti u okvir bicikla.
- Razvijaju se dijelovi prvenstveno namijenjeni električnim biciklima, alarmi i sustavi za zaključavanje
  - Bosch ABS (eng. *Anti-lock braking system*) sustav kočenja za PEDELEC, kontrolira kočenje na prednjem kotaču tako da onemogućava blokiranje prednjeg kotača i sprječava podizanje stražnjeg [19]



Slika 2.13. Bosch ABS sustav kočenja [19]

- PEDELEC raznih izvedbi i namjena uključujući gradske, cestovne, brdske i preklopne modele, što omogućuje veću raznolikost izbora i prilagođenost potrebama korisnika.

### 3. PROMETNE STRATEGIJE I INFRASTRUKTURA

Broj stanovnika u urbanim sredinama Europe je preko 70%. [20], što predstavlja veliko opterećenje za prometnu infrastrukturu i potrebu za novim prometnim strategijama.

Europska komisija je 2020. predstavila Zelenu knjigu „Prema novoj kulturi za urbanu mobilnost“. Zelena knjiga označila je polazište za široki proces savjetovanja sa svim relevantnim dionicima koji su uključeni u moguću ulogu koju bi EU mogao imati i moguće akcije koje bi mogla poduzeti. U savjetovanju je potvrđena dodana vrijednost intervencija na razini EU-a u brojnim područjima koja se odnose na gradski promet [21].



Slika 3.1. Bicikli za najam iz projekta „Bajsom na posao“ [22]

Brojne su dobrobiti korištenja bicikala zdravstvene, manje zagađenje zraka, smanjenje gužvi i kraće vrijeme putovanja (Slika 5.9.). Zbog čega prometne strategije velik naglasak stavljaju na korištenje bicikala i PEDELEC-a.

#### 3.1. Prometne strategije

Ove strategije su dio šireg cilja Europske unije da smanji emisije stakleničkih plinova u prometu i postigne održivi i resursno učinkovit prometni sustav. „Strategija za održivu i pametnu mobilnost – usmjeravanje europskog prometa prema budućnosti“, Zelena knjiga EU predstavlja polazište za raspravu i prikupljanje mišljenja dionika kako bi se oblikovala buduća politika i mjere u području energetske učinkovitosti u prometu [23].

### **3.1.1. Smanjenje ovisnosti o individualnom prijevozu**

Strategija povećanja upotrebe javnog prijevoza i smanjenje ovisnosti o individualnom prijevozu ima za cilj potaknuti ljude da koriste javni prijevoz kao održivu alternativu individualnom automobilskom prijevozu. Razvojem integriranih sustava javnog prijevoza omogućuje ljudima jednostavnu i praktičnu kombinaciju različitih vrsta prijevoza. To može uključivati integrirane karte i karte s jednim plaćanjem koje omogućuju prijelaz između autobusa, vlakova, tramvaja i drugih oblika javnog prijevoza bez potrebe za višestrukim kupovinama karata. Integrirani sustavi olakšavaju korisnicima kretanje između različitih vrsta prijevoza i potiču njihovu upotrebu. Promicanje korištenja energetski učinkovitih vozila [23].

Razvoj *bike share* i *rent-a-bike* servisa može u znatnoj mjeri potaknuti korištenje bicikala kao glavnog prometnog sredstva.

Kako bi se potaknula upotreba energetski učinkovitih vozila, mogu se pružiti poticaji i subvencije kupcima. To može uključivati financijske poticaje, popuste pri registraciji ili niže poreze za kupnju i registraciju energetski učinkovitih vozila. Potpora kupnji olakšava financijski teret i čini energetski učinkovita vozila privlačnijima za potrošače [23].

### **3.1.2. Unaprjeđenje infrastrukture za biciklizam i pješaćenje**

Strategija unaprjeđenja infrastrukture za biciklizam i pješaćenje ima za cilj potaknuti ljude da se odluče za održive načine prijevoza poput biciklizma i pješaćenja.

Izgradnja sigurnih biciklističkih prijelaza na raskrižjima, obilježavanje jasnih linija i signalizaciju koja upozorava vozače na prisutnost biciklista.

Pješачke zone su područja namijenjena isključivo pješacima, bez prolaska vozila. One pružaju sigurno i udobno okruženje za pješake, s obiljem prostora za šetnju, parkove i sjedeće površine.

Osiguravanje adekvatnih parkirnih mjesta za bicikle na javnim mjestima, poput stanica javnog prijevoza, olakšava prometovanje biciklom do željenog odredišta [23].

### **3.1.3. Poticanje inovacija i tehnološkog napretka**

Strategija poticanja inovacija i tehnološkog napretka ima za cilj potaknuti razvoj naprednih tehnologija i alternativnih goriva sa ciljem postizanja energetski učinkovitijih vozila

Inovacije u dizajnu i tehnologiji vozila mogu doprinijeti poboljšanju energetske učinkovitosti. Primjeri uključuju lakše materijale, aerodinamični dizajn, poboljšane pogonske sustave, napredne sustave za upravljanje energijom. [23].

### **3.1.4. Promjena logističkih i transportnih mreža**

Strategija promjene logističkih i transportnih mreža korištenje naprednih tehnologija za optimizaciju ruta sa ciljem smanjenja udaljenost, trajanja putovanja i potrošnje goriva. Pametni sustavi za upravljanje transportom mogu analizirati podatke o prometu, vremenskim uvjetima i drugim čimbenicima kako bi odabrali najučinkovitije rute i izbjegli gužve.

Koncept zajedničke dostave, poznat i kao konsolidacija tereta, podrazumijeva kombiniranje više pošiljki na jednom vozilu kako bi se smanjio broj pojedinačnih dostavnih vozila na cestama. Napredni informacijski sustavi i aplikacije mogu olakšati organizaciju i upravljanje zajedničkom dostavom.

Kombiniranje i integracija različitih načina prijevoza, poput cestovnog, željezničkog, riječnog i pomorskog prometa i upotreba intermodalnih čvorišta i njihova efikasna povezanost optimiziraju trajanje i troškove transporta roba [23].

## **3.2. Čimbenici pri odabiru prijevoznog sredstva**

PEDELEC ima niz prednosti u odnosu na klasični bicikl, postoje mnogi čimbenici koji utječu na odabir prijevoznog sredstva u gradskom prometovanju, neki od glavnih su:

- Raspoloživost prijevoznog sredstva, kao što su autobusi, tramvaji, bicikli ili taxi usluge.
- Brzina prijevoza, kao i vrijeme potrebno za dolazak na odredište.
- Cijena, uključujući cijenu goriva, troškove održavanja, troškove parkiranja itd.
- Sigurnost korištenja prijevoznog sredstva, uključujući sigurnost u prometu
- Utjecaj prijevoza na okoliš, kao što su emisije štetnih plinova i buka.
- Komfor prijevoza, kao što su udobnost sjedala, prostor za noge i klimatizacija.
- Lakoća korištenja uključujući jednostavnost planiranja puta, parkiranja i dr.

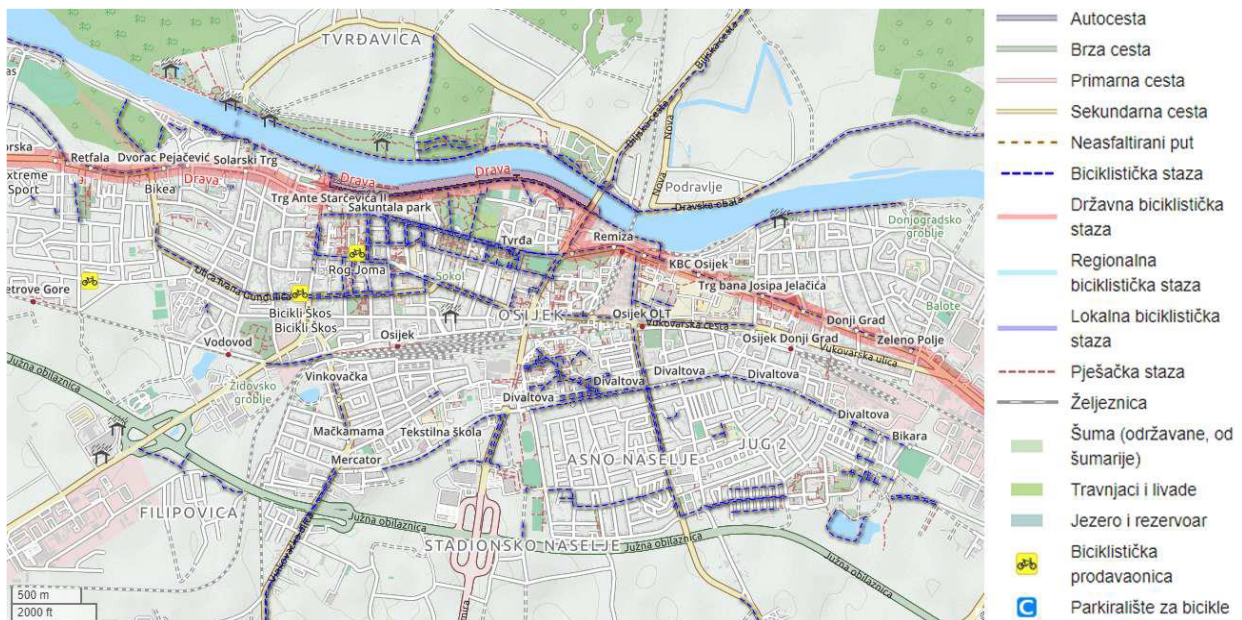
Kvaliteta biciklističke infrastrukture može se ocjenjivati na različite načine koristeći različite mjere i kriterije. Neki od čimbenika koje se uzimaju u obzir uključuju:

- Postoje li zaštitne ograde, način rasporeda i širine staza za bicikle, sigurnost semafora i drugih prometnih signalizacija, itd.

- Povezanost, postoji li jasna i lako razumljiva i povezana mreža biciklističkih staza koja omogućuje lak pristup različitim destinacijama, kao i dobre poveznice s drugim oblicima prijevoza, poput tramvaja ili autobusa.
- Koliko brzo i učinkovito se može putovati biciklom u usporedbi s drugim oblicima prijevoza, kao i vrijeme koje se potroši na put od jednog do drugog mjesta.
- Kvaliteta površine staza, bez rupa i prepreka, što omogućuje udobno i sigurno putovanje biciklom.

### 3.3. Biciklistička infrastruktura u Osijeku

Biciklizam je u Osijeku način života i rekreacije na 40 km biciklističkih staza [7]. Osnovne rute vidljive su na slici 3.2.



Slika 3.2. Prometna infrastruktura grada Osijeka [4]

Grad se rasprostire na površini od 169 km<sup>2</sup> prosječne nadmorske visine 94 m. Zbog ravnog terena Osijeku, sa nekada 100.000 stanovnika, biciklom svakodnevno može pristupiti 20 % od 11.599 stanovnika Čepina, 7.376 stanovnika Tenje, 5.480 Bilja i 4.101 Josipovca [4].

## 4. MAPIRANJE I GIS

Mapiranje je postupak vizualizacije prostornih podataka na kartama ili drugim vizualnim medijima. To uključuje prikazivanje fizičkih i ljudskih značajki na terenu, kao što su zemljopisne značajke, putne mreže, naselja, granice, prirodni resursi, zgrade i drugo. Svrha mapiranja je pridruživanje geografskih koordinata prostornim podacima i stvori model realnog okruženja [24]. Mapiranje može biti izuzetno korisno za vizualizaciju prostornih podataka i otkrivanje uzoraka i odnosa između različitih elemenata, što može pomoći u donošenju odluka i planiranju različitih aktivnosti [25].

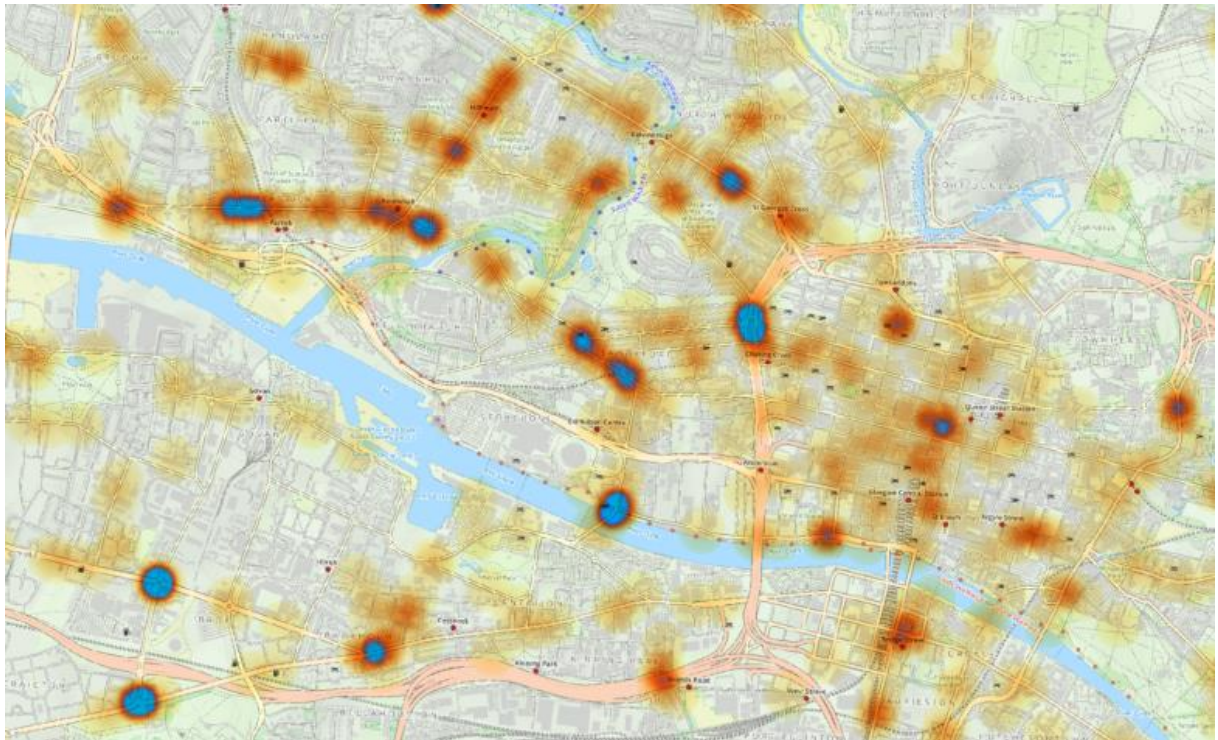
Geografski informacijski sustav (GIS) je sustav za bilježenje, praćenje, spremanje, upravljanje i analizu svih vrsta prostornih podataka [26]. Prostorni podatak može biti sve oko nas, npr. zgrada, automobil, stablo ili osoba. Uključuje podatke koji su prikupljeni s GPS-a, satelita, zračnih snimaka i drugih izvora. GIS se koristi u mnogim područjima, uključujući urbanizam, upravljanje prirodnim resursima, planiranje, arhitekturu, poljoprivredu i mnoga druga područja. Može se koristiti za donošenje odluka na temelju prostornih podataka, kao što su procjene rizika, analiza tržišta, upravljanje infrastrukturom i slično.

Pojednostavljeno bi se razlika između GIS-a i mapiranja mogla opisati tako što mapiranje omogućava statičku analizu, dok GIS omogućava dinamičke analize [27].

### 4.1. *Heatmap*

Izrada toplinskih karata (eng. *heatmaps*), jedan su od najbržih načina za vizualizaciju i analizu velikih skupova podataka. Toplinske karte su metoda grafičkog predstavljanja podataka gdje su vrijednosti prikazane bojom [28].

Istraživanje mapira rizična mjesta za nesreće biciklista u Glasgowu (**Slika 4.1.**). Korištenjem STATS19 policijskih podataka, istraživanje mapira sve prijavljene biciklističke nesreće koje su rezultirale ozljedom na javnim cestama u Velikoj Britaniji od 2005. do 2014. godine. Karta ističe problematične raskrižja za bicikliste u Glasgowu na temelju broja biciklističkih nesreća. Iako istraživanje ne razmatra promjene koje su napravljene na razini infrastrukture radi poboljšanja sigurnosti korisnika cesta, pruža okvir za prepoznavanje područja na kojima su potrebna poboljšanja kako bi se promicala sigurnost biciklista u Glasgowu [29].



Slika 4.1. Toplinska karta prometnih nesreća s biciklistima u Glasgou [29]

## 4.2. GIS otvorenog koda

U ekonomskom pogledu razlikujemo dvije vrste GIS softvera, a to su besplatni i komercijalni GIS softveri.

Softverski alati otvorenog koda su čiji je izvorni kod dostupan za slobodno korištenje, prilagođavanje i distribuciju. To znači da korisnici mogu pregledati, mijenjati i distribuirati izvorni kod, čime se omogućava prilagodba alata specifičnim potrebama i integracija s drugim softverskim aplikacijama [30].

GIS otvorenog koda mogu biti korisni za organizacije i pojedince koji žele koristiti GIS tehnologiju, ali nemaju proračun za kupnju komercijalnih softverskih paketa. Također su pružaju mogućnosti prilagodbe GIS aplikacije specifičnim potrebama i integracije ili povezivanje s drugim softverom. Postoje mnogi GIS otvorenog koda dostupni na tržištu, uključujući QGIS, uDig, SAGA GIS, GIS TRAVE, Whitebox GAT, GeoDa i mnoge druge. Svaki od njih ima jedinstvene karakteristike i funkcije koje ih čine vrijednim alatima u različitim područjima [31].

### **4.3. Mapiranje Osječkih ruta korištenjem programske podrške otvorenog koda**

Mapirane su biciklističke staze u Vukovarskoj duljine 2,85 km i Svačićevoj Ulici duljine 1,94 km, obje dionice su mapirane dva puta. Prvi put korištenjem klasičnog bicikla, a drugi put korištenjem PEDELEC-a. Provedeno je korištenjem aplikacije CycleDroid za praćenje putanje vožnje te GPS Visualizer-a za prikaz podataka na karti.

CycleDroid je mobilna aplikacija za praćenje biciklističkih vožnji na Android uređajima. Aplikacija koristi GPS uređaj vašeg mobilnog uređaja kako bi pratila vaše kretanje i generirala detaljnu kartu vaše biciklističke rute. Osim toga, aplikacija omogućuje i praćenje različitih statistika tijekom vožnje, poput brzine, udaljenosti, vremena, visinske razlike i mnogo više. Intuitivno sučelje pruža jednostavno pokretanje i zaustavljanje praćenja biciklističkih vožnji. Tijekom vožnje, moguće je pratiti detaljnu statistiku i trenutne parametre, kao i trenutnu lokaciju na karti. Omogućuje postavljanje ciljeva, poput određivanja udaljenosti ili vremena vožnje, te vam pruža informacije o tome koliko ste blizu postizanja svojih ciljeva [32].

GPS Visualizer je besplatna web aplikacija koja se koristi za vizualizaciju, analizu i obradu GPS podataka. Omogućuje korištenje GPS podatka različitih formata, uključujući GPX, KML, CSV i njihov prikaz na interaktivnoj karti [33].

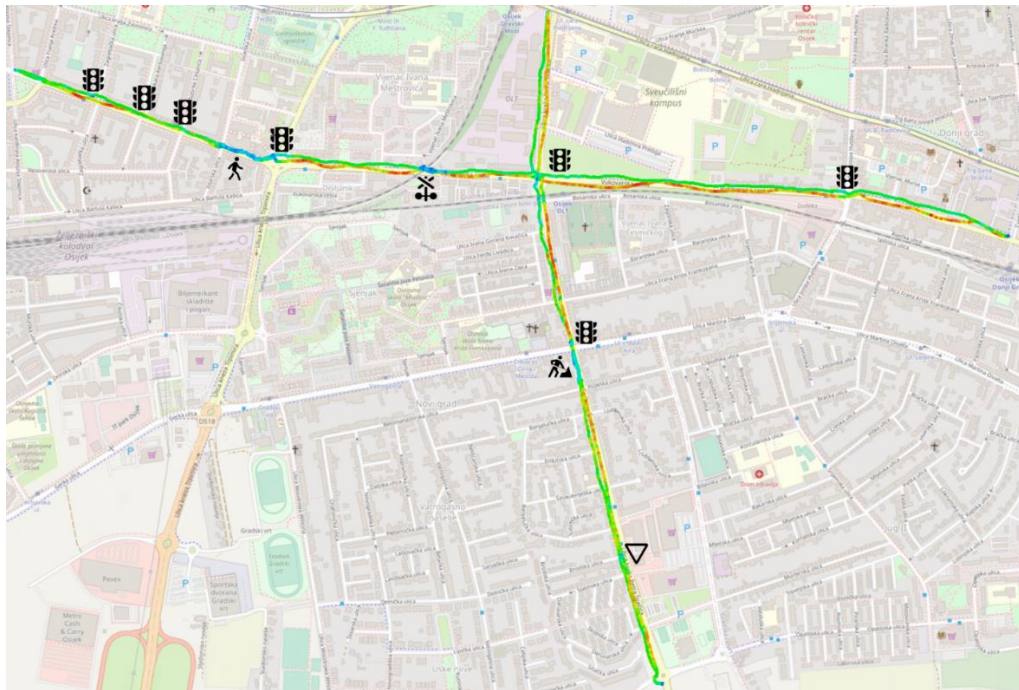
Također sadrži niz alata za analizu GPS podataka, uključujući alate za izračunavanje udaljenosti, brzine i vremena za rute, kao i za generiranje izvještaja i grafikona, kreiranje profila rute koji prikazuje visinske razlike, brzine i dr. tijekom putovanja [33]. Korisnici mogu upotrijebiti GPS Visualizer za usporedbu različitih ruta kako bi pronašli najbolju rutu za svoje potrebe.



## 5. REZULTATI I ANALIZA

Korištenjem CycleDroid aplikacije prikupljeni su podaci o brzinama kretanja PEDELEC-a i klasičnog bicikla na biciklističkim stazama duž Vukovarske i Svačićeve Ulice.

Karta je generirana u GPS Visualizeru (**Slika 5.1.**), na kojoj je brzina kretanja prikazana spektrom od plave do crvene boje, pri čemu je crvena boja predstavlja najveću brzinu. U vrijeme mapiranja puhao je umjeren istočni vjetar.



Slika 5.1. Rezultat mapiranja Vukovarske i Svačićeve ulice

- Semafori su označeni simbolom semafora i crvenom bojom na grafovima
- Prekid biciklističke staze je označen simbolom šetača i plavom bojom
- Pružni prijelazi je označen simbolom pružnog prijelaza i sivom bojom
- Radovi su označeni simbolom radova i smeđom bojom

### 5.1. Brzine kretanja

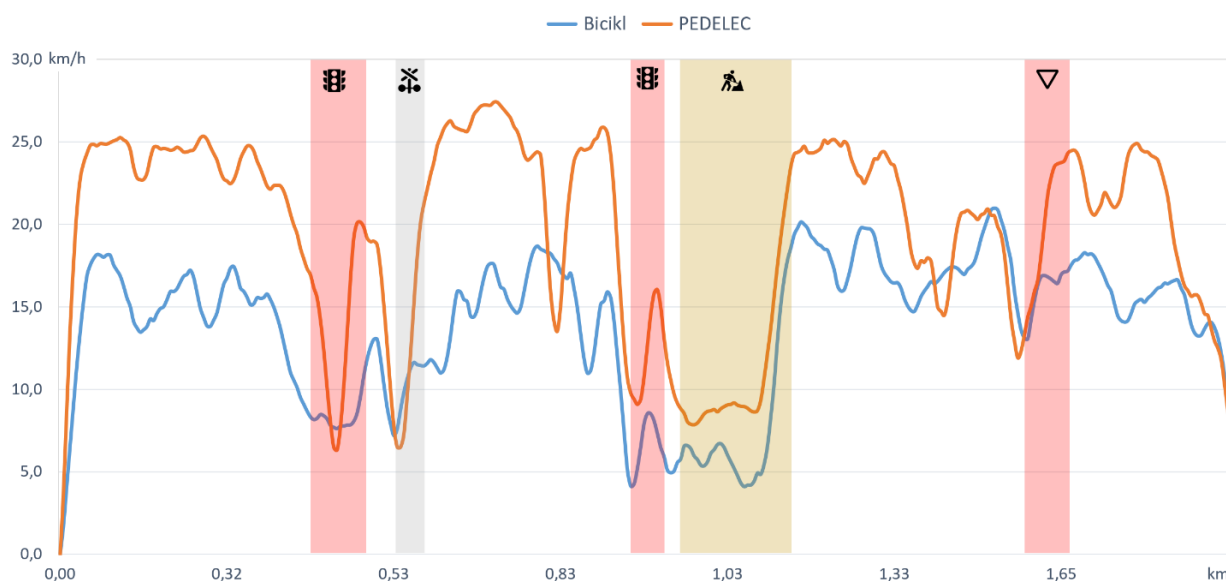
U analizama se često ističu vremena i prosječne brzine kretanja bez ukupnih vremena i brzine, što može dati nerealnu sliku o vremenu potrebnom za putovanje. Brzine kretanja variraju ovisno o uvjetima na cesti, prometu, infrastrukturi, vremenskim uvjetima i vozačevim preferencijama. Razlika između ukupne prosječne brzine i prosječne brzine kretanja odnosi se na različite načine na koje se izračunavaju.

- Ukupna prosječna brzina predstavlja prosjek svih brzina tijekom cijele rute, uključujući vrijeme kada je biciklist bio zaustavljen.
- Prosječna brzina kretanja predstavlja prosječnu brzinu tijekom vremena kada je biciklist bio u pokretu.
- Ukupno vrijeme predstavlja ukupno vrijeme koje je potrebno za prijeći cijelu rutu. To uključuje sve aspekte vožnje, uključujući vrijeme stajanja ili smanjene brzine provedeno na semaforima, pružnim prijelazima ili drugih čimbenika.
- Vrijeme kretanja predstavlja samo vrijeme provedeno u aktivnom kretanju, bez vremena stajanja.

Prosječna brzina kretanja na ruti Svačićevom ulicom iznosila je 19,34 km/h za PEDELEC i 13,51 km/h za bicikl, dok je ukupna prosječna brzina 15,73 km/h za PEDELEC i 11,49 km/h za bicikl (**Error! Reference source not found.**).

Tablica 5.1. Brzine i vrijeme kretanja Svačićevom ulicom

Svačićeva							
	Duljina (km)	Vrijeme (h:mm:ss)			Prosječna brzina (km/h)		
		Kretanja	Ukupno	$\Delta t$	Kretanja	Ukupno	$\Delta v$
Bicikl	1,94	0:08:38	0:10:09	0:01:21	13,51	11,49	2,02
PEDELEC		0:06:01	0:07:24	0:01:23	19,34	15,73	3,61
$\Delta$		0:02:37	0:02:45		5,83	4,24	

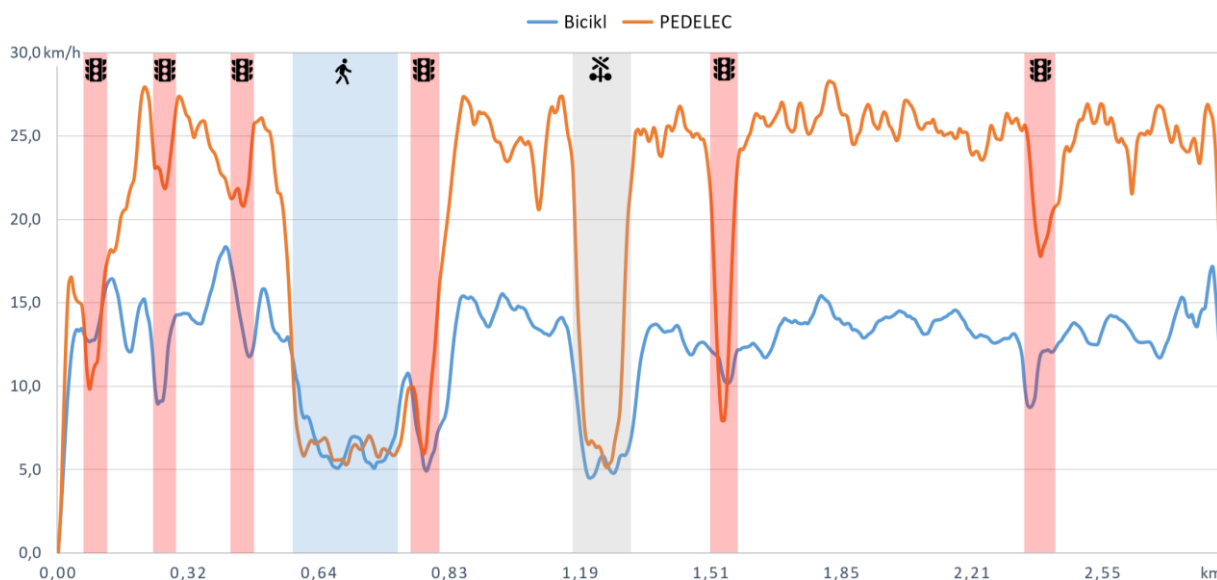


Slika 5.2. Brzine kretanja i prepreke na ruti Svačićevom ulicom

Prosječna brzina kretanja na ruti Vukovarskom ulicom iznosila je 19,04 km/h za PEDELEC i 11,68 km/h za bicikl, dok je ukupna prosječna brzina 18,01 km/h za PEDELEC i 9,93 km/h za bicikl (Tablica 5.2 **Error! Reference source not found.**).

Tablica 5.2. Brzine i vrijeme kretanja Vukovarskom ulicom

Vukovarska							
	Duljina (km)	Vrijeme (h:mm:ss)			Prosječna brzina (km/h)		
		Kretanja	Ukupno	$\Delta t$	Kretanja	Ukupno	$\Delta v$
Bicikl	2,85	0:14:40	0:17:15	0:02:35	11,68	9,93	1,75
PEDELEC		0:08:58	0:09:29	0:00:31	19,04	18,01	1,03
$\Delta$		0:05:42	0:07:46		7,36	8,08	



Slika 5.3. Brzine kretanja i prepreke na ruti Vukovarskom ulicom

Ukupno vrijeme prometovanja PEDELEC-om je na ruti Vukovarskom ulicom 45%, a Svačićevom 27% kraće u odnosu na vremena kretanja.

## 5.2. Područja smanjene brzine kretanja

Analizom mapiranih ruta prikazanih na slici 5.1. i grafova na slikama 5.3. i 5.4, moguće je odrediti područja i uzroke smanjene brzine kretanja.

### **5.2.1. Semafori**

Na raskrižjima sa semaforima, brzine kretanja oba tipa bicikala su smanjene, što je vidljivo na karti i grafovima, zbog čekanja na zeleno svjetlo ili usporavanja kod prolaska raskrižjima. U tim područjima, brzine su varirale ovisno o trajanju ciklusa semafora i gustoći prometa.

### **5.2.2. Pružni prijelazi**

Na pružnim prijelazima potrebno je usporiti ili se zaustaviti radi prolaska vlaka. Iako smanjuju brzinu kretanja, sigurnost je prioritet stoga je nužno pridržavanje pravila kako bi osigurali siguran prolazak preko tračnica. Pad brzine je značajno izraženiji na prijelazu u Vukovarskoj ulici, zbog vrlo tijesnog prolaza kroz zaštitnu barijeru koja nije projektirana za prolazak biciklista.



Slika 5.4. Pružni prijelaz u Vukovarskoj Ulici

### **5.2.3. Prekidi biciklističke staze**

Prekid staza predstavljaju velik pad brzine kretanja, kao i vremena putovanja. Najčešći razlog za prekide staza su neodgovarajući planovi i projekti prilikom izgradnje i rekonstrukcija.

Na dionici u Vukovarskoj Ulici je biciklistička staza prekinuta između križanja sa Istarskom i Trpimirovom Ulicom (Slika 5.5.), što uzrokuje najveće smanjenje brzine na analiziranim pravcima.



Slika 5.5. Prekid biciklističke staze u Vukovarskoj Ulici

#### 5.2.4. Radovi

Ta područja zahtijevaju poseban oprez biciklista jer su radovi u tijeku. Radovi često rezultiraju smanjenjem brzine ili zahtijevaju skretanje na alternativne rute kako bi se osigurala sigurnost biciklista. U takvim situacijama, pridržavanje uputa i upozorenja postavljenih od strane nadležnih tijela ili radnika na terenu je od velike važnosti kako bi se osigurala sigurnost svih sudionika u prometu

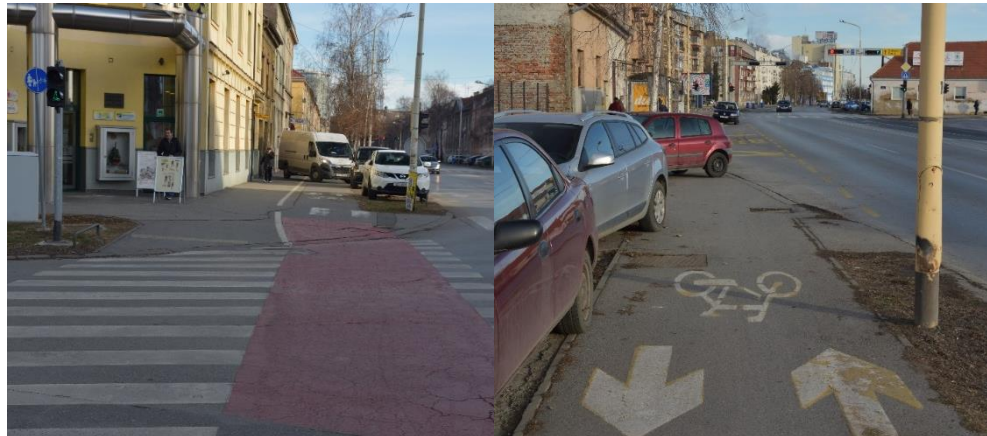
#### 5.2.5. Ostale prepreke i ograničenja

Rute koje prolaze preko autobusnih stanica (Slika 5.6.) mogu utjecati na sigurnost i brzinu. Na autobusnim stanicama mogu uzrokovati gužve, što predstavljati dodatni rizik.



Slika 5.6. Autobusna stanica preko koje prelazi biciklistička staza

Osim toga, na autobusnim stanicama su česti rubnjaci neprikladni za vožnju bicikala, klupe i koševi za smeće.

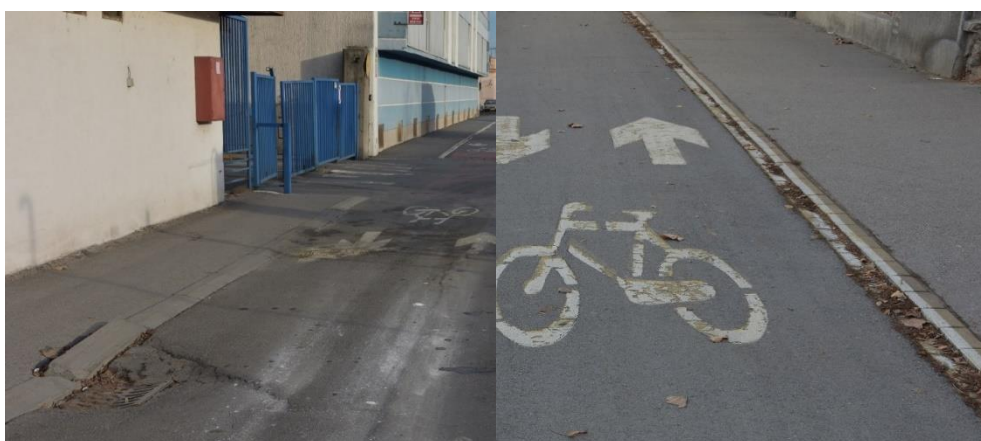


Slika 5.7. Vozila na biciklističkoj stazi

Nepredvidivo kretanje putnika ili vozača autobusa dodatno otežava situaciju povećavajući potencijalnu opasnost.

Kocke između staza su često različite visine u odnosu na pješačke i biciklističke staze koje razdvajaju i predstavljaju sigurnosni rizik od proklizavanja kotača pri prijelazu pod malim kutom.

Rupe na cestama su još jedna prepreka s kojom se suočavaju biciklisti. One mogu biti opasne i uzrokovati oštećenje bicikala ili izazvati nesreće ako nisu vidljive ili ako je ih ne moguće zaobići.



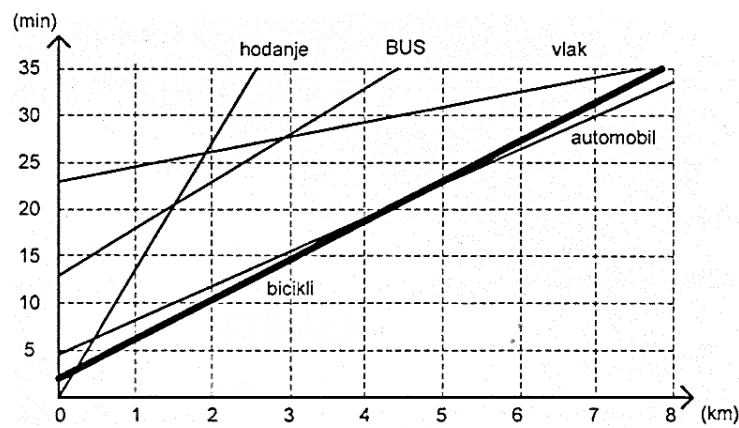
Slika 5.8. Oštećenja i razgraničenje pješačke i biciklističke staze

Uz nabrojane prepreke česta je pojava nepropisno parkiranih vozila (**Slika 5.7.**), kanti za smeće i drugih predmeta zbog čega je uvijek nužno voditi računa o sigurnosti.

### 5.3. Optimalne brzine prometovanja PEDELEC

Optimalne brzine prometovanja mogu varirati ovisno o uvjetima na cesti, gustoći prometa, vremenskim uvjetima, kondiciji i vještini vozača. Vozači trebaju biti svjesni okoline i prilagođavati brzinu vožnje prema tim faktorima kako bi osigurali sigurnost i učinkovitost vožnje.

Učinkovitost se odnosi na postizanje željenog cilja (npr. dolazak na određište) uz minimalan napor i vrijeme. Optimalna brzina prometovanja trebala bi omogućiti vozaču da stigne na određište u razumnom vremenskom roku uz optimalan napor.



Slika 5.9. Specifično vrijeme putovanja s različitim prometnim sredstvima [1]

Provedena mjerenja tijekom svibnja 2015. godine upućuju da je prosječna brzina prometovanja u Osijek automobilom (38,4- 39,7 km/h), biciklom (12,5- 14,6 km/h), a PEDELEC-om (20 - 22,8 km/h). Prosječna brzina prometovanja PEDELEC-om i automobilom na naseljenom području visoke gustoće prometa je slična [1].

Iako ne postoji univerzalno definira optimalna brzina i može se razlikovati za svakog pojedinca, moguće je procijeniti približne vrijednosti uzimajući u obzir faktore kao što su sigurnost, infrastruktura, vremenski uvjeti, fizička sprema ili individualne preferencije vozača.

Na promatranim rutama brzine su bile nešto niže u odnosu na spomenuta mjerenja u Osijeku kao i u odnosu na druga istraživanja [34]. Glavni uzrok za smanjene brzine prilikom istraživanja su jak istočni i jugoistočni vjetar, utjecaj kojeg je prikazan na slici 2.3., i značajnim udjelom vožnje u uvjetima smanjene brzine kretanja prikazan na slikama 5.2. i 5.3.

Na temelju čega se može reći da bi optimalne brzine kretanja za PEDELEC na analiziranim dionicama bile od 18 do 22 km/h, ovisno o vremenskim uvjetima i preferencijama vozača.

## 6. ZAKLJUČAK

Biciklizam u Osijeku ima dugu tradiciju i grad je svojom reljefom idealan za prometovanje biciklom, koji je jedan od najbržih načina kretanja u gustom gradskom prometu te donosi brojne dobrobiti poput poboljšanja zdravlja, smanjenja zagađenja zraka, smanjenja gužvi i kraćeg vremena putovanja na kratkim udaljenostima. PEDELEC omogućuje fleksibilnost u odabiru rute i brži dolazak na odredište, što je osobito važno na gradskim rutama. Prednost PEDELEC-a u urbanim sredinama je mogućnost korištenja razvijene biciklističke infrastrukture, postojeći sustav za najam bicikala, lako probijanje kroz gužve ili njihovo zaobilazanje korištenjem alternativnih pravaca. Godišnja doba i vremenske prilike mogu utjecati na izbor prijevoznog sredstva, kiša, snijeg ili jak vjetar mogu utjecati na odabir prometnog sredstva kao i na sigurnost i udobnost vožnje. U toplim mjesecima, vožnja PEDELEC-om može biti ugodnija zbog manje slojeva odjeće i ugodnih temperatura uz manje fizičkog napora, što dovodi do smanjenog znojenja u usporedbi s klasičnim biciklom. Iako ima pomoć elektromotora, vožnja PEDELEC-a i dalje zahtijeva određeni stupanj tjelesne aktivnosti, zbog čega može biti prikladan izbor i za vozače koji žele održavati ili poboljšati svoju kondiciju. Za osobe koje zdravstvenim problemima, fizičkim ograničenjima ili oni koji se ne žele izlagati intenzivnoj tjelesnoj aktivnosti pri vožnji klasičnog bicikla u PEDELECU mogu pronaći prikladnu alternativu. PEDELEC zbog manje potrošnje energije u odnosu na ostala motorna vozila doprinosi strategiji energetske učinkovitosti, kao i smanjenju opterećenja prometne infrastrukture zbog svoje manje mase i površine koju zauzima. Unatoč većoj cijeni u odnosu na klasične bicikle, zbog veće brzine kretanja, manje fizičko opterećenje i lakše održavanje higijene opravdavaju njegovu svakodnevnu upotrebu. U odnosu na ostale načine prometovanja u urbanim sredinama, korištenje PEDELEC-a pruža zdravstvene dobrobiti, smanjuje vrijeme putovanja i ispunjava ciljeve prometnih strategija zbog čega je njegova upotreba opravdana. Potrebno je istaknuti identificirana područja smanjene brzine kretanja, osobito ona na kojima je moguće unaprjeđenje infrastrukture da bi se povećala sigurnost i brzina kretanja. Najveće poboljšanje sigurnosti je moguće ostvariti izbjegavanjem prelaska biciklističkih staza preko autobusnih stajališta. Dok je povećanje brzine kretanja moguće ostvariti drugačijom izvedbom pružnih prijelaza i boljim planiranjem da bi se izbjegli prekidi poput onog u Vukovarskoj ulici.



## LITERATURA

- [1] H. Glavaš, T. Barić, T. Keser, "Pedelec - bicikli s električkom podrškom", 35. skup Automatizacija u prometu 2015, Zagreb
- [2] Cyclist, Introduction to electric bikes, [www.cyclist.co.uk/in-depth/introduction-to-electric-bikes-everything-you-need-to-know](http://www.cyclist.co.uk/in-depth/introduction-to-electric-bikes-everything-you-need-to-know) pristup ostvaren 15.05.2023
- [3] Great Ebike, Giant explore E+ 2 GTS, <https://greatebike.eu/giant-explore-e-2-gts> pristup ostvaren 15.05.2023
- [4] H. Glavaš, D. Dorić, S. Aračić, "Praktična primjena pedeleca na području grada Osijeka", 38. skup Automatizacija u prometu 2018, Zagreb
- [5] Peugeot cycles, Features of an electric bike, <https://cycles.peugeot.com/advice-features-electric-bike> pristup ostvaren 15.05.2023
- [6] Best Affordable Electric Bikes, Knowledge of Electric Bike Specification, <https://bestaffordableelectricbikes.com/knowledge-of-electric-bike-specification/> pristup ostvaren 12.05.2023
- [7] H. Glavaš, M. Karakašić, I. Petrović, D. Vidaković, "Pedelec li-ion battery pack lifetime", The 8th International Conference on Industrial Engineering and Environmental Protection, 2018 Zrenjanin
- [8] Bosch eBike batteries, [www.bosch-ebike.com/en/products/batteries](http://www.bosch-ebike.com/en/products/batteries) pristup ostvaren 12.05.2023
- [9] Bosch, Care of eBikes, <https://www.bosch-ebike.com/en/news/care-of-ebikes> pristup ostvaren 12.05.2023
- [10] Bosch eBike Range Assistant, [www.bosch-ebike.com/en/service/range-assistant](http://www.bosch-ebike.com/en/service/range-assistant) pristup ostvaren 12.05.2023
- [11] The next web, Buying an ebike? You should know about 'torque' and 'cadence' sensors, <https://thenextweb.com/news/buying-an-ebike-you-should-know-about-torque-and-cadence-sensors> pristup ostvaren 12.05.2023
- [12] Diyode, Raspberry Pi Powered GPS Tracker, [https://diyodemag.com/projects/raspberry\\_pi\\_powered\\_gps\\_tracker\\_project](https://diyodemag.com/projects/raspberry_pi_powered_gps_tracker_project) pristup ostvaren 12.05.2023
- [13] Bikeradar, What is an electric bike and how do they work?, [www.bikeradar.com/advice/buyers-guides/what-is-an-electric-bike/](http://www.bikeradar.com/advice/buyers-guides/what-is-an-electric-bike/) Walk-assist
- [14] Ebike-mtb, New Yamaha 2020 ebike motors – PW-X2, <https://ebike-mtb.com/en/new-yamaha-2020-ebike-motors-pw-x2-ride-impressions/> pristup ostvaren 12.05.2023

- [15] Yamaha, PX-2, [www.yamaha-motor.eu/ee/et/b2b/e-bike/models/drive-units/pw-x2/](http://www.yamaha-motor.eu/ee/et/b2b/e-bike/models/drive-units/pw-x2/) pristup ostvaren 12.05.2023
- [16] Bosch Kiox 300 , [www.bosch-ebike.com/us/produkte/kiox](http://www.bosch-ebike.com/us/produkte/kiox)
- [17] E-bike Trends to Expect in 2022, <https://electricbikereport.com/e-bike-trends-2022/> pristup ostvaren 12.05.2023
- [18] Shimano Technologies, <https://mtb.shimano.com/technologies/> pristup ostvaren 12.05.2023
- [19] Bosch eBike ABS, [www.bosch-ebike.com/en/products/abs](http://www.bosch-ebike.com/en/products/abs) pristup ostvaren 12.05.2023
- [20] Statista, Share of urban population worldwide in 2022, [www.statista.com/statistics/270860/urbanization-by-continent/](http://www.statista.com/statistics/270860/urbanization-by-continent/) pristup ostvaren 12.05.2023
- [21] EUR-lex, Green Paper - Towards a new culture for urban mobility, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/GA/LSU/?uri=CELEX:52007DC0551>
- [22] Pametni gradovi, Projektom 'Bajsom na posao', <https://pametni-gradovi.eu/sastavnice-pametnog-grad/promet-i-mobilnost/projektom-bajsom-na-posao-osijek-omogucuje-besplatno-iznajmljivanje-bicikala-dva-puta-dnevno-na-30-minuta/> pristup ostvaren 12.05.2023
- [23] EUR-lex, Strategija za održivu i pametnu mobilnost, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/ALL/?uri=CELEX%3A52007DC0551> pristup ostvaren 12.05.2023
- [24] Spyro-soft, What is geospatial mapping, and how does it work?, <https://spyro-soft.com/blog/what-is-geospatial-mapping-and-how-does-it-work> pristup ostvaren 12.05.2023
- [25] G2, What Is GIS Mapping?, [www.g2.com/articles/gis-mapping](http://www.g2.com/articles/gis-mapping) pristup ostvaren 12.05.2023
- [26] ACTS, What's the Difference Between GIS and Mapping?, [www.aligningchange.com/whats-the-difference-between-gis-and-mapping](http://www.aligningchange.com/whats-the-difference-between-gis-and-mapping) pristup ostvaren 12.05.2023
- [27] Studylib, Difference between GIS map and paper or electronic map, <https://studylib.net/doc/7076635/difference-between-gis-map-and-paper-or-electronic-map-wh...> pristup ostvaren 12.05.2023
- [28] Full story, What is a heatmap?, [www.fullstory.com/heatmap/](http://www.fullstory.com/heatmap/) pristup ostvaren 12.05.2023
- [29] Urban data cyclist, Exploring Glasgow's Bike Crash Hotspots, <https://urbandatacyclist.com/2017/09/12/blog-post-title-2-2/> pristup ostvaren 12.05.2023

- [30] Webtech 360, 10 najboljih besplatnih GIS softvera za mapiranje svijeta u otvorenom kodu, <https://blog.webtech360.com/hr/softver/10-najboljih-besplatnih-gis-softvera-za-mapiranje-svijeta-u-otvorenom-kodu/88810125> pristup ostvaren 12.05.2023
- [31] GIS lounge, Open Source GIS and Freeware GIS Applications, [www.gislounge.com/open-source-gis-applications/](http://www.gislounge.com/open-source-gis-applications/) pristup ostvaren 12.05.2023
- [32] CycleDroid, <https://apkpure.com/cycledroid-%E2%80%93-bike-computer/com.maral.cycledroid>, pristup ostvaren 12.05.2023
- [33] GPS Visualizer, [www.gpsvisualizer.com/](http://www.gpsvisualizer.com/), pristup ostvaren 12.05.2023

## SAŽETAK

PEDELEC posljednjih godina bilježi velik rast popularnosti diljem svijeta i u sklopu prometnih i energetske politike se promovira kao jedno od rješenja za smanjenje prometnih gužvi i onečišćenja. Zbog čega se nameće pitanje opravdanosti njegove uporabe u urbanim sredinama. Opisan je povijesni razvoj PEDELEC-a i njegove tehničke karakteristike, obuhvaćene su različite prometne strategije s naglaskom na smanjenje ovisnosti o individualnom prijevozu i poticanje korištenja bicikala, kao i čimbenici koji utječu na odabir prijevoznog sredstva. Korištenjem GIS podrške otvorenog koda mapirana su dva biciklističkih pravaca, te određene optimalnih brzina prometovanje.

**Ključne riječi:** PEDELEC, električni bicikli, učinkovitost, promet, grad

## **ABSTRACT**

PEDELEC has been experiencing significant growth in popularity worldwide in recent years and is being promoted as one of the solutions to reduce traffic congestion and pollution within transportation and energy policies. This raises the question of the justification for its use in urban environments. The historical development of PEDELEC and its technical characteristics are described, and various transportation strategies are covered, with an emphasis on reducing dependence on individual transportation and promoting bicycle usage. Factors influencing the choice of transportation mode are also discussed. Using open-source GIS support, two bicycle routes have been mapped, and optimal travel speeds have been determined.

**Key words:** PEDELEC, electric bicycles, efficiency, traffic, city

## **ŽIVOTOPIS**

Stjepan Aračić rođen 1983. godine u Vinkovcima, djetinjstvo i dio osnovnog školovanja proveo u Sloveniji koje nakon preseljena završavam u Osijeku. Nakon završene srednje elektrotehničke škole u Osijeku, 2002. upisujem studij elektrotehnike, koji prekidam zbog pokretanja vlastite firme. U slobodno vrijeme se bavim brdskim biciklizmom i izgradnjom biciklističkih staza.