



Gibanje MLADI RAZISKOVALCI KOROŠKE

Področje: Tehnika

SONČNO KOLO

Avtorji: Lan Ribič, Rene Hartman, Tadej Gerhold

Mentorici: Mateja Aplinc, prof., Janja Kogelnik, prof.

2025, Ravne na Koroškem
Srednja šola Ravne, Na gradu 4a, 2390 Ravne na Koroškem

Vsebina

POVZETEK	4
SUMMARY	5
ZAHVALA.....	6
UVOD	7
HIPOTEZE.....	7
BATERIJA	8
1. Izračun kapacitete in moči baterije.....	8
2. Tip baterije	9
ELEKTROMOTOR	9
1. Osnovno delovanje elektromotorja	10
2. Podatki o uporabljenem elektromotorju.....	11
RAZSMERNIK.....	11
SONČNE CELICE	11
SOLARNI OPTIMIZATOR	14
ELEKTRIČNO KOLO.....	14
1. Delovanje električnih koles	15
SONČNO KOLO	17
1. Pridobitev električnega kolesa in zamenjava baterije	17
2. Prilagoditev nosilcev za sončno celico.....	17
3. Testiranje delovanja kolesa	18
4. Raziskovalna naloga in izračuni.....	19
5. Creo izris modela kolesa	20
ZASNOVA IDEJE: Sončno kolo	22
Potovanje na morje s Sončnim kolesom	24
1. Pot v deževnem oziroma oblačnem vremenu.....	25
2. Pot v sončnem vremenu	25
3. Prva etapa: Ravne na Koroškem – Ljubljana (približno 137 km).....	26
4. Druga etapa: Ljubljana – Koper (približno 117 km).....	27
5. Nadmorska višina.....	29
6. Izračuni.....	30
7. Razlage podatkov iz grafov	33
UGOTOVITVE.....	34
ZAKLJUČEK.....	36
LITERATURA.....	38

Kazalo slik

Slika 1: Monokristalna sončna celica	12
Slika 2: Polikristalne sončne celice	12
Slika 3: Tankoplastna sončna celica.....	12
Slika 4: Organska sončna celica	13
Slika 5 Perovskitna sončna celica	13
Slika 6: Uporabljena sončna celica	13
Slika 7: Električno kolo	15
Slika 8: Načrt in namestitvev baterije	17
Slika 9: Nosilci za sončno celico.....	18
Slika 10: Testiranje delovanja kolesa	19
Slika 11: Potek raziskave z izračuni.....	20
Slika 12: Osnovni izris modela kolesa	21
Slika 13: Izris modela kolesa z vsemi komponentami	21
Slika 14: Naše Sončno kolo	22
Slika 15: Pot, ki jo prevozimo v raziskovalni nalogi	24
Slika 16: B&B Hotel Ljubljana Park.....	24
Slika 17: Maracaibo Beach Bar Koper.....	24

Kazalo tabel

Tabela 1: Tehnični podatki.....	15
Tabela 2: Nadmorske višine	29
Tabela 3: Izračuni	30

Kazalo grafov

Graf 1: Prevožene razdalje v km prve etape	28
Graf 2: Prevožene razdalje v km druge etape	28
Graf 3: Vzponi in spusti v metrih na prvi etapi.....	29
Graf 4: Vzponi in spusti v metrih na drugi etapi.....	29
Graf 5: Stanje v bateriji - prva etapa	32
Graf 6: Stanje v bateriji - druga etapa	32
Graf 7: Skupaj potrebna električna energija - prva etapa.....	33
Graf 8: Skupaj potrebna električna energija - druga etapa.....	33

POVZETEK

V raziskovalni nalogi smo razvili Sončno kolo, električno kolo, ki se med vožnjo polni s pomočjo sončnih celic. Želeli smo preveriti, ali lahko s tem sistemom prevozimo razdaljo od Raven na Koroškem do Kopra brez dodatnega polnjenja iz električnega omrežja. Pri tem smo preučevali vpliv mase kolesarja, količine prtljage in strategije vožnje na skupno porabo energije ter učinkovitost solarnega polnjenja.

V teoretičnem delu smo predstavili osnovne komponente našega kolesa, kot so elektromotor, baterija, solarni paneli in sistem za upravljanje energije. Razložili smo delovanje sončnih celic ter njihove omejitve v različnih vremenskih pogojih.

V računskem delu smo analizirali, kako masa kolesarja vpliva na porabo energije, delovanje motorja in zmogljivost baterije. Ugotovili smo, da težji kolesarji porabijo več energije, imajo krajši doseg in manj možnosti za prevoz dodatne prtljage. Prav tako smo ugotovili, da pri vožnji v hrib motor potrebuje več moči, kar vodi do hitrejšega praznjenja baterije.

Raziskovalna naloga dokazuje, da lahko sončne celice podaljšajo delovanje električnega kolesa in zmanjšajo porabo zunanjih virov energije. Z nadaljnjim razvojem tehnologije in izboljšano optimizacijo pa lahko Sončno kolo postane še bolj učinkovito in uporabno za vsakodnevno vožnjo ali daljša potovanja.

Ključne besede: Sončno kolo, električno kolo, sončne celice, električni motor, baterija, poraba energije

SUMMARY

In our research project, we developed the Solar Bike, an electric bicycle that charges itself while riding using solar panels. Our goal was to determine whether this system could cover the distance from Ravne na Koroškem to Koper without additional charging from the electrical grid. In doing so, we analyzed the impact of rider mass, luggage weight, and riding strategy on total energy consumption and the efficiency of solar charging.

In the theoretical part, we introduced the key components of our bicycle, including the electric motor, battery, solar panels, and energy management system. We explained the operation of solar cells and their limitations under various weather conditions.

In the computational section, we analyzed how the cyclist's weight affects energy consumption, motor performance, and battery capacity. We found that heavier cyclists consume more energy, have a shorter range, and less capacity for carrying additional luggage. Additionally, we discovered that riding uphill requires more power from the motor, leading to faster battery depletion.

Our research demonstrates that solar panels can extend the operating time of an electric bicycle and reduce dependence on external energy sources. With further technological advancements and improved optimization, the Solar Bike could become even more efficient and practical for everyday commuting or long-distance travel.

Keywords: Solar Bike, electric bicycle, solar panels, electric motor, battery, energy consumption.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujemo našima mentoricama, profesorici Mateji Aplinc in profesorici Janji Kogelnik, za njun trud, podporo in strokovno vodenje pri ustvarjanju naše raziskovalne naloge.

Posebna zahvala gre gospodu Srečku Golobu iz podjetja Egos Elektronika d.o.o. ter gospodu Luki Hergoldu iz podjetja Schrack Technik Slovenj Gradec za vsa sponzorska sredstva, brez katerih realizacija Sončnega kolesa ne bi bila mogoča. Prav tako se zahvaljujemo profesorju Petru Sekoloniku za dragoceno pomoč pri računalniških izračunih.

Hvaležni smo tudi dijakoma Mitji Volkerju in Martinu Ravnjaku za njun prispevek pri soustvarjanju raziskovalne naloge. Naša zahvala gre tudi dijaku Timoteju Slatinšku in profesorici Jerneji Herman Rebernik za pomoč pri strojniškem programiranju v programu Creo, profesorju Slavku Koljibabiću za podporo pri praktični izvedbi in izdelavi nosilcev za sončni panel ter našima lektoricama predstavitve profesoricama Veroniki Kotnik in Zdenki Sušec Lušnic.



UVOD

Električna kolesa so postala priljubljena alternativa klasičnim prevoznim sredstvom, saj združujejo energetsko učinkovitost, trajnostno mobilnost in praktičnost pri vsakodnevni uporabi. Kljub temu pa je njihova avtonomija še vedno omejena s kapaciteto baterije, kar pomeni, da so kolesarji pogosto odvisni od dodatnega polnjenja iz električnega omrežja. Da bi zmanjšali to odvisnost, smo v našem projektu razvili sončno kolo, ki vključuje sistem za polnjenje baterije s pomočjo sončnih celic.

V tej raziskovalni nalogi se osredotočamo na vprašanje, ali lahko s tem sistemom prevozimo pot od Raven na Koroškem do Kopra brez dodatnega polnjenja iz električnega omrežja. Pri tem upoštevamo več dejavnikov, ki vplivajo na porabo energije in učinkovitost sistema, in sicer masa kolesarja, količina prtljage, vremenske razmere (sončno ali deževno vreme) ter optimalna strategija vožnje.

Da preizkusimo uporabnost sončnega kolesa, izvedemo številne izračune mehanskega dela, porabe energije ter potrebne moči, s katerimi ocenimo, kako različni dejavniki vplivajo na končni doseg. Hkrati analiziramo, kakšno strategijo vožnje bi morali uporabiti, da bi doseg čim bolj podaljšali.

Glavni cilj naloge je raziskati, ali je izvedljivo prevoziti razdaljo Ravne na Koroškem–Koper s sončnim kolesom ter ugotoviti, pod kakšnimi pogoji bi bilo mogoče optimizirati porabo energije in doseči največjo možno avtonomijo med vožnjo.

HIPOTEZE

1. **Hipoteza 1:** Sončno kolo omogoča, da lahko s pravilno strategijo vožnje prevozimo celotno pot od Raven na Koroškem do Kopra brez dodatnega polnjenja iz električnega omrežja.
2. **Hipoteza 2:** Večja kot je skupna masa kolesarja in prtljage, večja je poraba energije, kar posledično zmanjšuje doseg kolesa in avtonomijo vožnje.
3. **Hipoteza 3:** Vremenske razmere (sončno ali deževno vreme) bistveno vplivajo na polnjenje baterije s sončnimi celicami in posledično na skupni doseg kolesa.
4. **Hipoteza 4:** Sončno kolo lahko neprekinjeno vozi brez potrebe po vmesnih postankih za polnjenje baterije, ne glede na vremenske razmere in obremenitev.

BATERIJA

Baterije so naprave, ki shranjujejo kemično energijo in jo pretvarjajo v električno energijo. Obstajata dve osnovni vrsti baterij: primarne baterije, ki jih ni mogoče ponovno napolniti, in sekundarne baterije, ki so polnilne. Med polnilne baterije spada več različnih vrst, vsaka s svojimi prednostmi in slabostmi. Baterija, ki jo imamo v našem primeru, spada med litijeve baterije, natančneje tip Li-ion (litij-ionska baterija).

Litij-ionske baterije (Li-ion)

Litij-ionske baterije so danes ene od najpogosteje uporabljenih baterij zaradi svoje visoke energetske gostote, majhne teže in dolge življenjske dobe. Imajo nizko samopraznjenje in nimajo problemov s t. i. »spominskim efektom« kot starejše NiCd baterije. Uporabljajo se v električnih kolesih, prenosnih računalnikih, pametnih telefonih in drugih prenosnih napravah.

Glavne značilnosti Li-ion baterij:

- Visoka energetska gostota – omogočajo dolgotrajno delovanje pri nizki teži.
- Brez spominskega efekta – ni potrebe po popolnem praznjenju pred ponovnim polnjenjem.
- Daljša življenjska doba – v povprečju zdržijo več sto polnilnih ciklov.
- Nizko samopraznjenje – manjša izguba energije, kadar niso v uporabi.

1. Izračun kapacitete in moči baterije

Kapaciteta baterije se meri v amperskih urah (Ah) in označuje količino električnega naboja, ki ga lahko baterija shrani in odda.

Moč baterije se meri v vatih (W) in predstavlja največjo moč, ki jo lahko baterija zagotovi v danem trenutku.

Pri baterijah je pomembna tudi količina shranjene energije, ki jo podamo v vatnih urah (Wh). Ta fizikalna količina nam pove, koliko časa lahko baterija dela določeno delo, npr. če imamo motor z močjo 1 W, ga lahko z 281 Wh poganjamo za 281 ur.

Enačbe za izračun:

1.	2.
moč baterije: P [W]	delo: $A = W$ [Wh]
$P = U \cdot I$ [W]	$W = P \cdot t$ [Wh]
napetost: U [V]	moč: P [W]
tok, ki teče skozi vezje: I [A]	čas: t [s, h]

To so osnovne informacije o baterijah, njihovih vrstah ter izračunu kapacitete in moči. Dodatne podrobnosti se lahko dodajo glede na specifično uporabo baterije v električnih vozilih ali drugih napravah.

2. Tip baterije

Green Cell E-bike Battery 36 V; 7.8 Ah; 281 Wh je visokozmogljiva baterija za električna kolesa, zasnovana za montažo znotraj okvirja kolesa. Z napetostjo 36 V, kapaciteto 7.8 Ah in skupno energijo 281 Wh zagotavlja zanesljivo in dolgotrajno napajanje.

Baterija je združljiva s kolesi znamk Chrisson, Ducati in Torpado ter je opremljena z 2-pinskim priključkom, ki omogoča enostavno povezavo z električnim sistemom kolesa. V kompletu so poleg baterije še polnilec, dva ključa za protivolmno ključavnico, montažna letev in uporabniški priročnik.

Baterija dimenzij 37,5 x 8 x 4,5 cm in teže približno 1,9 kg je primerna za motorje z močjo do 250 W. Vgrajen ima inteligentni sistem upravljanja (BMS), ki nadzoruje delovanje baterije ter zagotavlja varnost in zanesljivost med uporabo. Z uporabo visokokakovostnih Li-Ion celic omogoča daljšo življenjsko dobo in večji doseg z enim polnjenjem. V načinu Eco lahko prevozimo do 80 km, odvisno od pogojev vožnje in terena. Baterija tako ponuja odlično rešitev za vse, ki želijo povečati avtonomijo svojega električnega kolesa in uživati v daljših kolesarskih avanturah.

ELEKTROMOTOR

Elektromotor je ključna komponenta sodobne tehnologije, saj omogoča pretvorbo električne energije v mehansko gibanje. Zaradi svoje vsestranskosti se uporablja v različnih napravah, od

gospodinjskih aparatov, industrijskih strojev, do električnih vozil in letal. Razumevanje delovanja elektromotorjev in njihovih osnovnih izračunov je pomembno pri načrtovanju sistemov, ki temeljijo na njihovi uporabi.

1. Osnovno delovanje elektromotorja

Elektromotor je naprava, ki pretvarja električno energijo v mehansko gibanje. Deluje na principu elektromagnetnih sil, ki povzročijo vrtenje njegovega rotorja. Zaradi svoje vsestranskosti se uporablja v številnih napravah, kot so gospodinjski aparati, industrijski stroji, električna vozila in letala. Njihova učinkovitost je ključna za varčno porabo energije. Razumevanje delovanja elektromotorjev pomaga pri načrtovanju sistemov, ki jih uporabljajo, saj omogoča optimizacijo delovanja in podaljšanje življenjske dobe naprav, v katere so vgrajeni. V naši raziskovalni nalogi smo uporabili BLDC motor.

Delovanje BLDC motorjev

BLDC motorji ne uporabljajo mehanskih krtačk, temveč delujejo na podlagi elektronske komutacije. Električni tok v statorju ustvarja rotacijsko magnetno polje, ki poganja rotor. To omogoča visoko učinkovitost in majhne izgube energije.

Glavne značilnosti BLDC motorjev

- Večja učinkovitost – zaradi odsotnosti trenja in segrevanja, ki je značilno za krtačne motorje.
- Daljša življenjska doba – ker ni mehanskih delov, ki bi se obrabljali.
- Tišje delovanje – saj ni kontaktov med krtačkami in komutatorjem.
- Večja moč pri manjših dimenzijah – primerni za kompaktno naprave.

Uporaba BLDC motorjev

Zaradi svojih prednosti se brezkrtačni motorji uporabljajo v različnih aplikacijah:

- električna kolesa in skuterji – omogočajo boljši izkoristek baterije in daljšo avtonomijo,
- droni in modelna letala – lažji in bolj učinkoviti motorji omogočajo daljši let,
- industrijski ventilatorji – zmanjšajo porabo energije in izboljšajo hlajenje,
- črpalke in medicinske naprave – natančna regulacija hitrosti omogoča optimalno delovanje.

2. Podatki o uporabljenem elektromotorju

Proizvajalec elektromotorja: Bafang

Tip motorja: Brezkrtačni enosmerni motor (BLDC)

Nazivna moč motorja: 250 W

Nazivna napetost motorja: 36 V

Brezkrtačni elektromotorji, kot je Bafang BLDC motor, so izjemno učinkoviti, zanesljivi in prilagojeni za uporabo v električnih kolesih. Njihova nizka poraba energije in visoka učinkovitost omogočata daljši doseg in optimalno delovanje, kar pomeni idealno izbiro za sodobne električne prevoze.




RAZSMERNIK

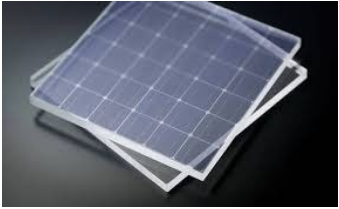

Razsmerniki so ključne komponente in nepogrešljivi del v sodobni elektrotehniki in elektroniki, ki omogočajo spreminjanje napetosti v električnem tokokrogu z uporabo transformatorjev ali elektronskih vezij. Njihova glavna naloga je prilagajanje napetosti glede na potrebe naprav ali sistemov, pri čemer ohranjajo razmerje med vhodno in izhodno napetostjo. Razsmerniki se uporabljajo v številnih aplikacijah, od prenosa električne energije do napajalnikov za elektronske naprave.

SONČNE CELICE

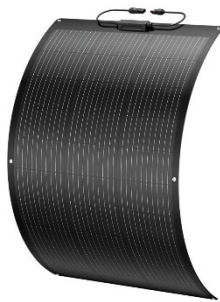
Sončne celice, znane tudi kot fotovoltaične celice, so naprave, ki pretvarjajo sončno svetlobo neposredno v električno energijo. Ta tehnologija temelji na fotovoltaičnem učinku, ki ga je prvi opazil Alexandre-Edmond Becquerel leta 1839. Danes so sončne celice ključni del obnovljivih virov energije in se uporabljajo v številnih aplikacijah, od majhnih prenosnih naprav do velikih solarnih elektrarn.

Sončne celice se delijo na več vrst glede na uporabljene materiale in tehnologijo izdelave.

Prednosti:	Slabosti:	Slika:
<p>Monokristalne sončne celice so izdelane iz enega samega kristala silicija.</p>		
<ul style="list-style-type: none"> visoka učinkovitost: 15-22 % 	<ul style="list-style-type: none"> visoka cena 	 <p><i>Slika 1: Monokristalna sončna celica</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> dolga življenjska doba 	<ul style="list-style-type: none"> občutljivost na senco 	
<p>Polikristalne sončne celice so izdelane iz več kristalov silicija.</p>		
<ul style="list-style-type: none"> nizka cena 	<ul style="list-style-type: none"> nižja učinkovitost: 13-16 % 	 <p><i>Slika 2: Polikristalne sončne celice</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> enostavnejša izdelava 	<ul style="list-style-type: none"> večja občutljivost na visoke temperature 	
<p>Tankoplastne sončne celice so izdelane iz tankih plasti polprevodniških materialov, kot so amorfní silicij, kadmijev telurid (CdTe) ali baker-indij-gallij-selenid (CIGS).</p>		
<ul style="list-style-type: none"> nizka cena 	<ul style="list-style-type: none"> nižja učinkovitost: 10-12 % 	 <p><i>Slika 3: Tankoplastna sončna celica</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> fleksibilnost in lahkotnost 	<ul style="list-style-type: none"> krajša življenjska doba 	

Prednosti:	Slabosti:	Slika:
Organske sončne celice uporabljajo organske polimere za absorpcijo svetlobe.		
<ul style="list-style-type: none"> nizka cena 	<ul style="list-style-type: none"> zelo nizka učinkovitost: 5-10 % 	 <p><i>Slika 4: Organska sončna celica</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> fleksibilnost 	<ul style="list-style-type: none"> kratka življenjska doba 	
Perovskitne sončne celice so relativno nova tehnologija, ki uporablja perovskitne materiale za absorpcijo svetlobe.		
	<ul style="list-style-type: none"> nestabilnost materialov 	 <p><i>Slika 5 Perovskitna sončna celica</i></p>
	<ul style="list-style-type: none"> kratka življenjska doba 	

V naši raziskovalni nalogi smo uporabili sončno celico BougeRV 2 PCS 10BB-100 WATT FLEXIBLE SOLAR PANEL.



Slika 6: Uporabljena sončna celica

Fleksibilni sončni panel je zasnovan za uporabo na ukrivljenih površinah, kot so RV-ji, čolni in drugi prostori z omejenim prostorom. Uporablja visokokakovostne 10BB sončne celice s konverzijskim izkoristkom do 23 %, kar omogoča učinkovito polnjenje 12V baterij. Panel je izdelan iz steklenih vlaken, kar zagotavlja trpežnost in odpornost na praske, udarce ter obrabo. Njegova ultra tanka zasnova omogoča enostavno namestitvev in prihranek prostora, saj je tanek kot dva naložena kovanca. Poleg tega ima samočistilne lastnosti in je odporen na pesek, kar

zmanjšuje potrebo po vzdrževanju. Ta panel je odlična izbira za navdušence nad dejavnostmi na prostem, ki želijo zmanjšati svoj ogljični odtis in uživati v udobju, ki ga prinaša čista energija.

SOLARNI OPTIMIZATOR

Solarni optimizator je naprava, ki v fotovoltaičnih sistemih izboljšuje učinkovitost sončnih elektrarn. Namesti se na posamezne sončne module in optimizira njihovo delovanje v različnih pogojih, kot so senčenje ali umazanija, s čimer povečuje proizvodnjo električne energije in izboljša delovanje sistema. Z napredkom tehnologije bodo optimizatorji postali še bolj učinkoviti in dostopni.

ELEKTRIČNO KOLO

Električno kolo, pogosto imenovano tudi e-kolo ali e-bike, je sodobno prevozno sredstvo, ki združuje prednosti tradicionalnega kolesa z močjo elektromotorja. Ta motor zagotavlja pomoč pri poganjanju pedala, kar omogoča lažjo vožnjo, še posebej pri vzponih, daljših razdaljah ali pri zahtevnejših vožnjah v mestnem prometu. Kljub električni pomoči je za vožnjo še vedno potrebno poganjati pedale, kar ohranja osnovne koristi kolesarjenja, a z manj napora. E-kolesa so opremljena s polnilnimi baterijami, ki jih je mogoče večkrat napolniti, dosegajo različne hitrosti in imajo možnost nastavitve moči motorja.

V sodobni mobilnosti imajo električna kolesa vse pomembnejšo vlogo. Zaradi naraščajočih težav s prometnimi zastoji, onesnaževanjem zraka in potrebe po trajnostnih rešitvah za prevoz e-kolesa ponujajo okolju prijazno alternativo avtomobilom in javnemu prevozu. So izjemno učinkovita rešitev za mestno vožnjo, saj omogočajo hitrejše premagovanje razdalj brez utrujenosti, hkrati pa zmanjšujejo onesnaževanje okolja. Poleg tega spodbujajo zdrav življenjski slog, saj združujejo telesno aktivnost z udobjem električne pomoči. S svojo prilagodljivostjo, ekonomičnostjo in pozitivnim vplivom na okolje so električna kolesa postala ključni del trajnostnih transportnih rešitev v sodobnih urbanih središčih.

Električna kolesa doživljajo izjemen porast priljubljenosti po vsem svetu. Njihova vsestranskost, dostopnost in pozitiven vpliv na okolje so le nekateri izmed razlogov, zakaj jih vse več ljudi izbere za vsakodnevno prevozno sredstvo. Porast priljubljenosti e-koles lahko pripišemo trem ključnim dejavnikom: okoljskemu vplivu, zdravju in praktičnosti.



Slika 7: Električno kolo

Običajna in električna kolesa na prvi pogled delujejo podobno, saj obe vrsti delujeta na osnovi poganjanja s pedali. Vendar pa se razlikujeta v številnih ključnih značilnostih, ki vplivajo na način uporabe, zmogljivost in namen.

Tabela 1: Tehnični podatki

Značilnost	Običajno kolo	Električno kolo
Pogonski sistem	Ročno poganjanje s pedali	Elektromotor z asistenco pedalom
Vir energije	Brez (človeška moč)	Električna baterija
Teža	10–15 kg	20–30 kg
Hitrost	Odvisna od moči uporabnika	Do 25 km/h (ali več, odvisno od modela)
Doseg	Neomejen (odvisno od vzdržljivosti)	40–120 km na polnjenje
Cena	300–1000 €	1500–5000 €
Vzdrževanje	Nizki stroški	Višji stroški (baterija, motor)
Okoljski vpliv	Zelo nizek	Nizek (z vidika polnjenja in reciklaže)

1. Delovanje električnih koles

Električni motor je nameščen na kolesu, običajno v središču (pedalier), v pogonu zadnjega kolesa ali v pogonu sprednjega kolesa. Motor deluje na principu elektromagnetizma, kjer električni tok, ki teče skozi navitje motorja, ustvarja magnetno polje, ki vrta rotor in s tem poganja kolo. Moč motorja se razlikuje glede na model, običajno med 250 W in 750 W, odvisno od zakonodaje v posameznih državah.

Baterija je vir energije za električni motor. Običajno je litij-ionska, ker je lahka in ima visoko energijsko gostoto. Baterija je običajno nameščena na okvirju kolesa, lahko pa je tudi

odstranjena za polnjenje. Kapaciteta baterije določa doseg kolesa, ki je običajno med 30 in 100 km na eno polnjenje, odvisno od načina vožnje, terena in teže kolesa.

Krmilna enota (kontroler) upravlja pretok energije iz baterije v motor. Določa, koliko moči motor dobi glede na vhodne signale (npr. poganjanje pedal ali uporaba sklopke za plin). Krmilna enota omogoča tudi različne načine pomoči, kot so eco, normal in turbo, ki vplivajo na porabo energije in moč motorja.

Senzor poganjanja pedal zaznava, kdaj kolesar poganja pedala in aktivira motor, da pomaga pri pogonu. Obstajata dve vrsti senzorjev: senzor obremenitve (meri silo na pedalih) in senzor kadence (meri hitrost poganjanja pedal). Senzor hitrosti meri hitrost kolesa in posreduje podatke krmilni enoti, da zagotovi pravilno delovanje motorja.

Pomoč pri poganjanju pedal (pedal assist), kjer motor pomaga le, ko kolesar poganja pedala. Stopnja pomoči se lahko prilagaja (npr. nizka, srednja, visoka). Nekatera električna kolesa ponujajo tudi možnost električnega pogona brez poganjanja pedal, kar omogoča vožnjo zgolj z uporabo motorja.

Kolesar lahko prilagaja stopnjo pomoči prek krmilnika na volanu. Motor se izklopi, ko kolesar neha poganjati pedala ali ko doseže največjo dovoljeno hitrost (običajno 25 km/h v Evropi).

SONČNO KOLO

Načrt izdelave

1. Pridobitev električnega kolesa in zamenjava baterije

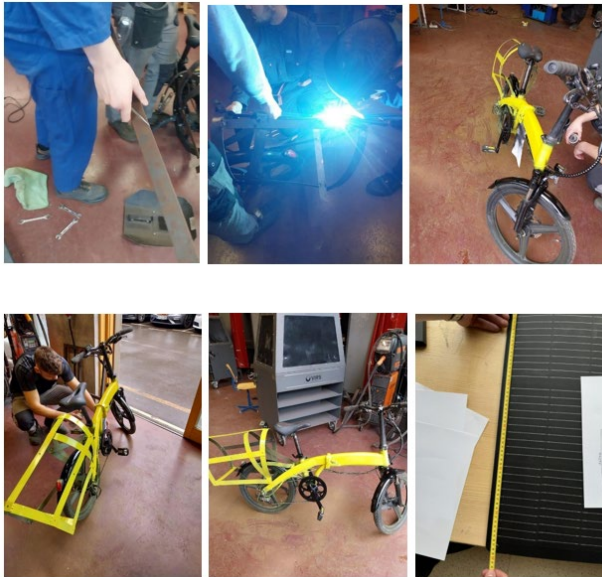
Projekt se je začel s pridobitvijo električnega kolesa, ki nam ga je profesorica priskrbela od doma. Ob pregledu smo ugotovili, da baterija ni delovala, zato smo iskali sponzorje za nakup nove. Podjetje Schrack Technik iz Slovenj Gradca nam je zagotovilo novo baterijo, ki pa je imela drugačne prikllope kot prejšnja (le pozitivni in negativni pol). Najprej smo izmerili in preverili ustrezne konektorje, nato pa odstranili vse neuporabne povezave.



Slika 8: Načrt in namestitve baterije

2. Prilagoditev nosilcev za sončno celico

Ker smo si zamislili sončno kolo s sončno celico, smo začeli iskati ustrezen solarni panel. Sponzorsko smo pridobili sončno celico ter vse potrebne komponente za povezavo z baterijo od podjetja Egos Elektronika iz Radelj ob Dravi. Najprej smo izmerili sončno celico in glede na njene dimenzije prilagodili nosilce za pritrditev. Pri izdelavi ogrodja nosilcev so nam pomagali dijaki v šolski delavnici, mi pa smo nato sončno celico pritrdili na ogrodje in preverili njeno stabilnost. Žal pa komponente za povezavo niso priskele pravočasno, zato sončne celice nismo mogli preizkusiti na kolesu in preveriti njenega delovanja v realnih pogojih.

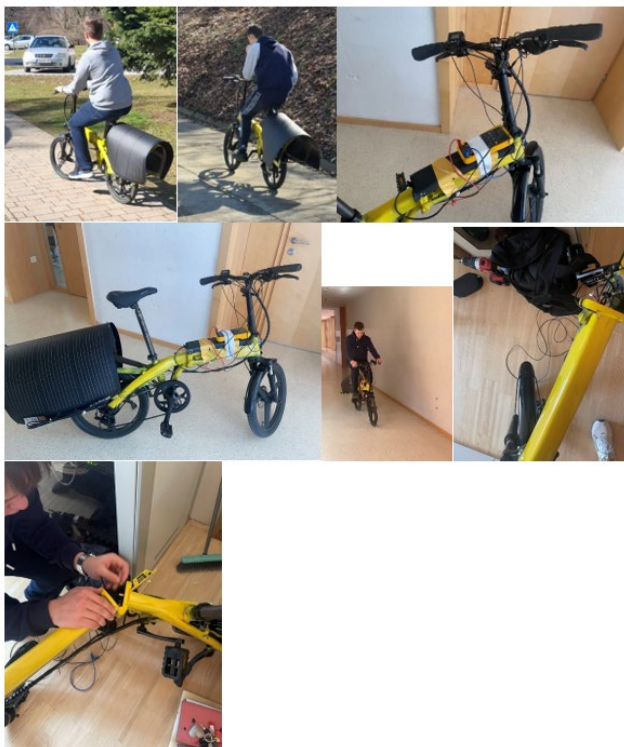


Slika 9: Nosilci za sončno celico

3. Testiranje delovanja kolesa

Kljub omejitvam smo nadaljevali s testiranjem drugih ključnih vidikov delovanja kolesa. Preverjali smo doseg kolesa glede na različne mase dijakov, ocenili nosilnost prtljage ter načrtovali optimalne postanke za počitek in polnjenje baterije med potjo. Poleg tega smo v sklopu raziskovalne naloge analizirali možnosti izboljšav in optimizacije sistema, da bi povečali energetske učinkovitost in izkoristek sončne energije.

V šoli smo izvedli tudi preizkuse polnjenja sončne celice s pomočjo svetilke in preučili vpliv padanja sence na delovanje celice. S tem smo ugotavljali, koliko površine je osvetljena in kakšen vpliv ima to na učinkovitost polnjenja. Ti preizkusi so nam omogočili pridobitev informativnih izračunov, ki smo jih kasneje uporabili pri izračunu polnjenja sončne celice na poti.



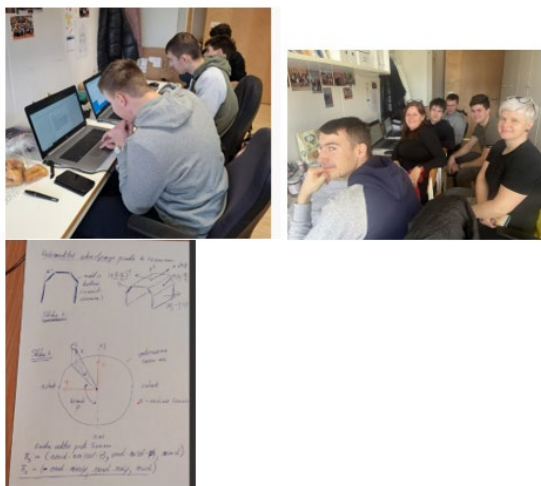
Slika 10: Testiranje delovanja kolesa

4. Raziskovalna naloga in izračuni

Vzpostavili smo raziskovalno nalogo, pri čemer smo se že od začetka soočali z izzivi, saj smo imeli omejeno predznanje na tem področju. Na koncu smo se spoprijeli še z izračuni, kar je predstavljalo dodaten izziv zaradi pomanjkanja podatkov in potrebnega tehničnega znanja.

Med raziskovanjem smo nenehno iskali ustrežnejše rešitve in na koncu prilagodili nalogo tako, da smo se odločili potovati s kolesom na morje, da bi ugotovili, kam se lahko pripeljemo v danih pogojih. Določili smo različne dneve kolesarjenja, pri čemer smo upoštevali nadmorske višine, moč kolesarja in silo upora, da smo lahko raziskali dejanske zmogljivosti kolesa.

Glede vpliva osvetlitve na učinkovitost polnjenja smo ugotovili, da imamo premalo matematičnega znanja, da bi lahko ta vidik raziskali v celoti, zato bo to ostal izziv za prihodnje raziskave.



Slika 11: Potek raziskave z izračuni

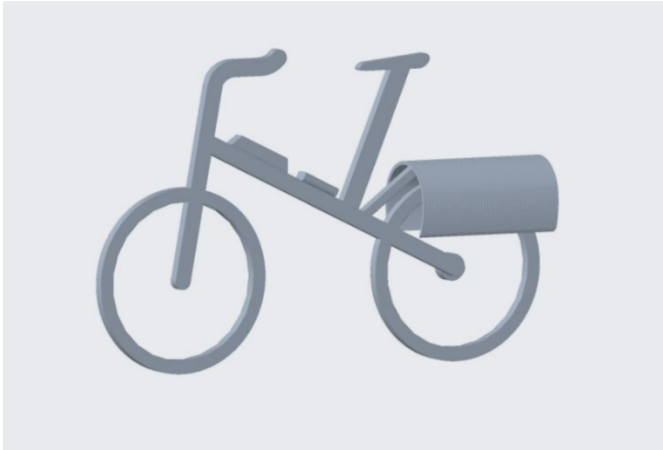
5. Creo izris modela kolesa

Za izdelavo modela kolesa smo uporabili program PTC Creo, ki je eden izmed najbolj priljubljenih CAD programov za 3D modeliranje in inženirsko oblikovanje. Na šoli ga uporabljajo strojni tehniki in smo jih prosili za pomoč.

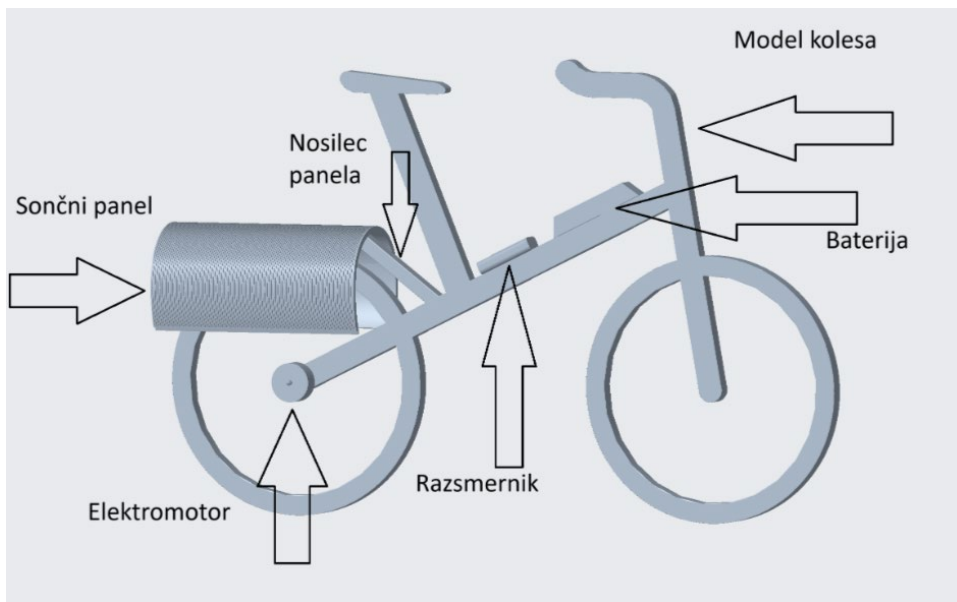
Najprej smo model kolesa izrisali z ukazom Sketch. Nato smo s pomočjo ukaza Extrude ustvarili 3D geometrijo, tako da smo 2D izris modela potisnili v določeni smeri. Dodatno smo narisali še baterijo kolesa, ki se nahaja na zgornjem delu ohišja, nato pa smo jo prav tako ekstrudirali. Po tem smo z ukazom Auto Round zaokrožili vse robove.

Za risanje sončnih celic smo morali najprej z ukazom Plane ustvariti novo ravnino, na kateri smo sončno celico narisali iz strani in jo nato ekstrudirali po dolžini. Za lepši izgled smo panelu odvzeli material po širini in s pomočjo ukaza Pattern pomnožili isti vzorec po dolžini.

Narisali smo tudi nosilec za panel, za katerega smo najprej ustvarili novo ravnino pod kotom. Nato smo v tej ravnini z ukazom Sketch narisali profil cevi, ki smo jo ekstrudirali v obe smeri. Da nam je to uspelo, smo nastavili referenčno površino, do katere se je profil ekstrudiral. Pod baterijo smo dodali tudi razsmernik, na pogonski gredi zadaj pa še elektromotor.



Slika 12: Osnovni izris modela kolesa



Slika 13: Izris modela kolesa z vsemi komponentami

ZASNOVA IDEJE: Sončno kolo



Slika 14: Naše Sončno kolo

Naša ekipa je s pomočjo sponzorstva prejela rabljeno električno kolo z vgrajenim elektromotorjem, novo sončno celico, razsmernik, optimizator in novo baterijo. Vrednost našega Sončnega kolesa ocenjujemo na približno 1.400,00 €. Sončno kolo nam bo služilo kot učni pripomoček za spodbujanje trajnostne mobilnosti ter ozaveščanje o uporabi obnovljivih virov energije.

Sončni panel smo namestili v optimalno lego ter izmerili njegovo moč s pomočjo testerja za sončne celice. Po meritvi napetosti, ki je znašala 48 V, smo panel povezali z ustreznim razsmernikom, ki je napetost pretvoril na 42 V – dovolj za učinkovito polnjenje baterije. Za razsmernik smo vezali še optimizator toka, ki smo ga omejili na 1,5 A, kar je bila največja jakost toka, ki jo je panel lahko zagotavljal. Med optimizatorjem in baterijo smo vključili tudi diodo, ki je preprečevala morebiten tok iz baterije nazaj v ploščo.

Učinkovitost panela smo preverjali pri različnih kotnih postavitvah, vključno z upognjeno postavitvijo, ki je nameščena na našem kolesu. Ugotovili smo, da je pri naši nadmorski višini

in zemljepisni širini optimalni kot 37° . Ko smo panel postavili v senco, se je polnilna moč občutno zmanjšala.

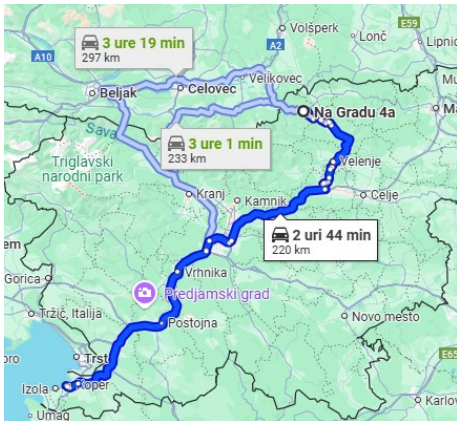
Izmerjene vrednosti so pokazale naslednje:

- Pri optimalnem kotu je bil izhodni tok 1,5 A in moč panela 75 W.
- V vodoravni legi je moč padla na 60 W.
- Ob delni zasenčenosti se je moč zmanjšala na 30 W.
- V upognjenem položaju, kot na kolesu, je panel oddajal povprečno moč 40 W.

Torej smo imeli panel 75 W, ki ima na izhodu optimizatorja 42 V. S priključitvijo polnilnika baterije smo povečevali moč polnjenja. Optimalno moč smo dosegli pri toku 1,5 A. Moč polnjenja je bila 60 W, kar pomeni, da bi popolnoma prazno baterijo napolnili v slabih petih urah.

Potovanje na morje s Sončnim kolesom

Potovanje s Sončnim kolesom od Raven na Koroškem do Maracibo Beach Bara v Kopru predstavlja edinstveno priložnost za združitev pustolovščine, trajnostnega potovanja in uživanja v čudovitih slovenskih pokrajinah. Približno 230 kilometrov dolga pot vodi skozi raznolike pokrajine – od slikovitih hribov in dolin Koroške, preko vinorodnih gričev Štajerske, vse do sončne Obale, kjer se konča na obali Jadranskega morja.



Slika 15: Pot, ki jo prevozimo v raziskovalni nalogi

Zaradi dolžine poti in zmogljivosti Sončnega kolesa, ki z enim polnjenjem prevozi 80 km brez dodatnega polnjenja s sončnimi paneli, lahko ob optimalnih razmerah s polnjenjem s sončnimi paneli dosežemo tudi do 120 kilometrov. Tako lahko pot opravimo v dveh dneh, z enim vmesnim postankom za nočitev.

Prenočili bi v Ljubljani, in sicer v B&B HOTELU Ljubljana Park, na naslovu Tabor 9. V tem času bi tudi napolnili baterijo do konca za nadaljevanje poti.



Slika 16: B&B Hotel Ljubljana Park



Slika 17: Maracaibo Beach Bar Koper

1. Pot v deževnem oziroma oblačnem vremenu

Potovanje z električnim kolesom, ki se polni s sončno energijo z Raven na Koroškem do Kopra v oblačnem vremenu predstavlja zanimiv izziv. Oblačno vreme pomeni, da bo solarno polnjenje počasnejše, zato je ključno dobro načrtovati pot, postanke in polnjenje.

Potovanje je zato razdeljeno v dve etapi, saj je doseg kolesa omejen na 80 km. V prvi etapi, ki vodi z Raven na Koroškem do Ljubljane, znaša razdalja 137 km, od Ljubljane do Kopra pa 117 km. Zato je ključno dobro načrtovati pot, polnjenje in postanke.

Izziv sončnega polnjenja v oblačnem vremenu

Sončni paneli v oblačnem vremenu proizvajajo bistveno manj energije – tudi do 50–80 % manj kot v idealnih sončnih razmerah. To pomeni, da se bo baterija polnila počasneje, zato bo potrebna previdnost pri porabi energije.

Za uspešen zaključek poti priporočamo:

- **Začetek z napolnjeno baterijo:** Pred začetkom poti poskrbimo, da je baterija popolnoma napolnjena, kar nam omogoča daljšo avtonomijo vožnje.
- **Pametno razporejanje moči:** Na ravnih delih poti uporabljamo varčne stopnje pomoči pri vrtenju pedal, medtem ko večjo pomoč motorja prihranimo za zahtevnejše odseke poti.

Ta pristop bo omogočil, da kar najbolje izkoristimo omejeno sončno energijo in uspešno premagamo celotno razdaljo.

2. Pot v sončnem vremenu

Potovanje z električnim kolesom, ki se polni s sončno energijo, od Raven na Koroškem do Kopra v sončnem vremenu je bistveno lažje kot v oblačnih razmerah. Ob optimalnem delovanju sončnih panelov lahko pričakujemo večjo polnilno moč in manj skrbi glede praznjenja baterije.

Prednosti sončnega polnjenja

V sončnem vremenu lahko sončni paneli proizvedejo maksimalno moč, kar je odvisno od njihovega izkoristka, površine in pravilne orientacije. To nam omogoča naslednje prednosti:

- **Lažje ohranjanje napoljenosti baterije:** Če se med postanki ustavljamo na sončnih mestih, lahko podaljšamo čas vožnje brez dodatnega polnjenja.
- **Večja avtonomija:** Možnost daljših voženj brez skrbi glede praznjenja baterije.

- **Brez potrebe po klasičnem polnjenju:** Ob zadostno zmogljivem solarnem sistemu lahko celotno pot opravimo zgolj s pomočjo sončne energije.

V sončnem vremenu je potovanje z električnim kolesom na sončno energijo veliko bolj izkoriščeno. S pravilno strategijo postankov, učinkovito uporabo solarnih panelov in optimalnim načrtovanjem poti lahko brez težav prevozimo celotno razdaljo od Raven na Koroškem do Ljubljane.

Strategija polnjenja

Solarni paneli nameščeni na kolesu naj bodo vedno usmerjeni proti soncu, da zagotavljajo maksimalno polnjenje baterije med vožnjo.

Med vsakim postankom postavimo kolo na sonce in pustimo solarne panele delovati vsaj 30 do 60 minut. Tako lahko izkoristimo čas za dodatno polnjenje baterije.

Če vemo, da se bliža strmejši vzpon, na primer vzpon na Trojane, je priporočljivo pred tem poskrbeti za dodatno polnjenje baterije. To lahko storimo med postanki ali z zmanjšano porabo energije med lažjim delom poti.

Med spusti zmanjšamo pomoč motorja ali ga popolnoma izklopimo ter pustimo, da kolo samodejno drsi po cesti. S tem ohranjamo napolnjenost baterije.

3. Prva etapa: Ravne na Koroškem – Ljubljana (približno 137 km)

Prva etapa poti vodi z Raven na Koroškem preko Velenja in Celja proti Ljubljani. Električno kolo ima doseg 80 kilometrov z enim polnjenjem, brez dodatnega polnjenja baterije s pomočjo sončnih panelov. Polnjenje s sončnimi paneli pa omogoča, da to etapo prevozimo brez skrbi glede polnjenja baterije. Med potjo lahko uživamo v mirnih gozdnih cestah, gričevnatem terenu in pogledu na slikovito reko Savinjo.

V tej etapi si lahko privoščimo postanek v Celju, kjer si ogledamo staro mestno jedro ali obiščemo Celjski grad. Pot nato nadaljujemo skozi Zasavje proti prestolnici, kjer v Ljubljani zaključimo prvi dan poti. Na voljo je veliko možnosti za prenočišče, prav tako pa si lahko vzamemo čas za večerni sprehod ob reki Ljubljanici ali obiščemo katero izmed lokalnih restavracij in napolnimo baterijo iz električnega omrežja do maksimuma.

1. Ravne na Koroškem – Slovenj Gradec (14 km)

Pot se začne z lahkim vzponom, ki mu sledi prijeten spust do Slovenj Gradca. Med kratkim postankom v Slovenj Gradcu si lahko vzamemo čas za počitek.

2. Slovenj Gradec – Velenje (26,5 km)

Ta del poti je bolj razgiban in zahteva več prilagajanja pri uporabi motorne pomoči. Možen je postanek v Šoštanju, kjer lahko uživamo v eni izmed lokalnih kavarn.

3. Velenje – Celje (23,4 km)

Od Velenja proti Celju vodi bolj položna pot, kar nam omogoča varčevanje z baterijo, saj ne potrebujemo veliko pomoči motorja. V Celju si lahko ogledamo znamenitosti, kot je Celjski grad, in napolnimo baterijo na soncu.

4. Celje – Trojan (35,3 km)

Najzahtevnejši del poti je vzpon iz Celja do Trojan. Zaradi strmega vzpona bo poraba baterije največja. Po prihodu na Trojan si lahko zaslužno privoščimo znameniti trojanski krof.

5. Trojan – Ljubljana (37,9 km)

Pot proti Ljubljani se začne s spustom iz Trojan, kar omogoča regeneracijo in manjšo porabo energije. Nadaljevanje poti je položnejše, vse do prihoda v Ljubljano. Nastanimo se v rezerviranem hotelu za nočitev, kjer si naberemo moči za nadaljevanje preostale poti in maksimalno napolnimo baterijo iz električnega omrežja za naslednji dan.

4. Druga etapa: Ljubljana – Koper (približno 117 km)

Po maksimalnem polnjenju baterije in počitku v Ljubljani se v drugi etapi odpravimo proti Primorski. Trasa vodi preko Vrhnike, Postojne in Kozine, vse do Kopra. Na poti bomo prečkali slikovito kraško pokrajino, ki je znana po kraških jamah, vinogradih in edinstveni arhitekturi. Ena izmed posebnosti te etape je možnost obiska svetovno znane Postojnske jame ali Predjamskega gradu, ki ponujata edinstveno doživetje naravne in kulturne dediščine Slovenije. Kolesarjenje skozi kraške gozdove in vasi prinaša sproščujočo in slikovito izkušnjo, ki jo dodatno olajša pomoč električnega motorja.

Potovanje od Ljubljane do Kopra, ki zajema 117 km, bomo razdelili na dva dela, da bo vožnja čim udobnejša in energetske učinkovitejša.

Prvi del poti: Ljubljana – Postojna (52,4 km)

1. Ljubljana – Vrhnika (20,7 km)

Pot od Ljubljane do Vrhnike je relativno kratka in enostavna, saj je razdalja le okoli 20 kilometrov. Od Ljubljane se odpravimo proti zahodu, mimo naselja Ig, vse do Vrhnike.

2. Vrhnika – Postojna (31,7 km)

Pot se nadaljuje z Vrhnike proti Postojni. Cesta je pretežno ravna, vendar se rahlo vzpenja. Vožnja nas popelje skozi naselja Logatec in Bloke ter mimo zelenih gozdov, polj in travnikov, zaradi česar je pot precej slikovita. Na nekaterih odsekih je cesta nekoliko ozka in zavita. Ob

prihodu v Postojno bo doseg baterije že zmanjšán (doseg baterije bo znašal med 30 in 40 km). V Postojni si lahko ogledamo turistično znamenitost Postojnsko jamo in medtem napolnimo baterijo s sončnimi celicami.

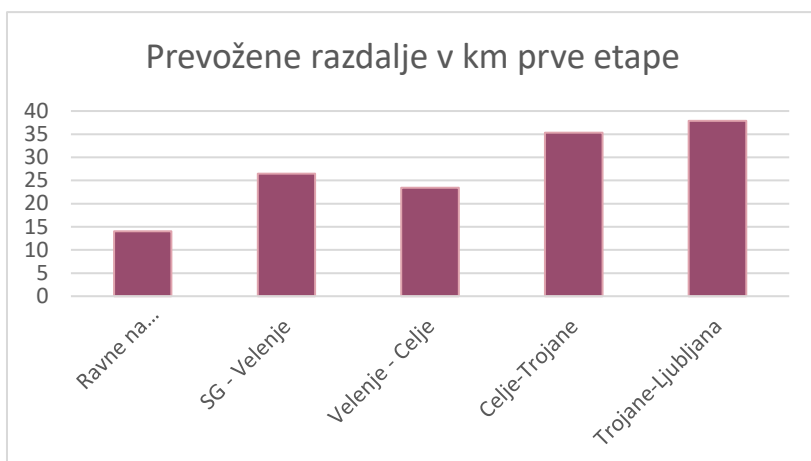
Drugi del poti: Postojna – Koper (64,3 km)

3. Postojna – Kozina (36,8 km)

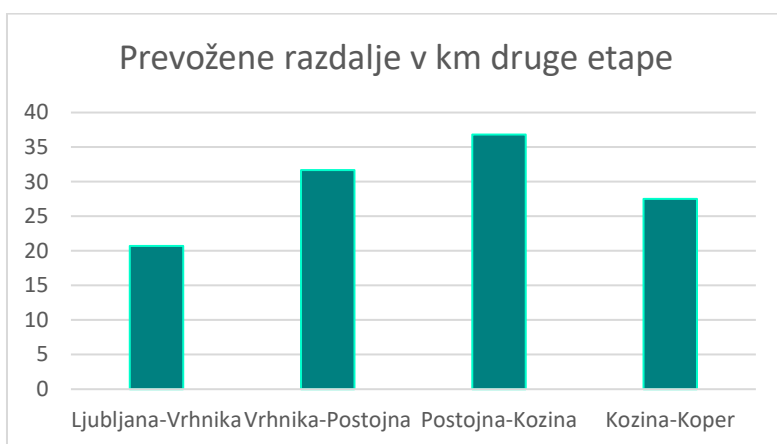
Pot od Postojne do Kozine je rahlo vzpenjajoča in pelje skozi naselja, kot so Ozeljan in Knežak. Ko se približujemo Kozini, cesta postane nekoliko bolj serpentinasta z nekaj kratkimi vzponi. Ustavimo se na kratkem počitku in ogledu Predjamskega gradu.

4. Kozina – Koper (27,5 km)

Po poti iz Kozine proti Kopru se peljemo skozi manjša naselja in mimo številnih vinogradov. Cesta je rahlo valovita, vendar brez večjih vzponov. Tu in tam je kakšen strmejši del, vendar večinoma ostaja vožnja precej udobna in energetsko ugodna.



Graf 1: Prevožene razdalje v km prve etape

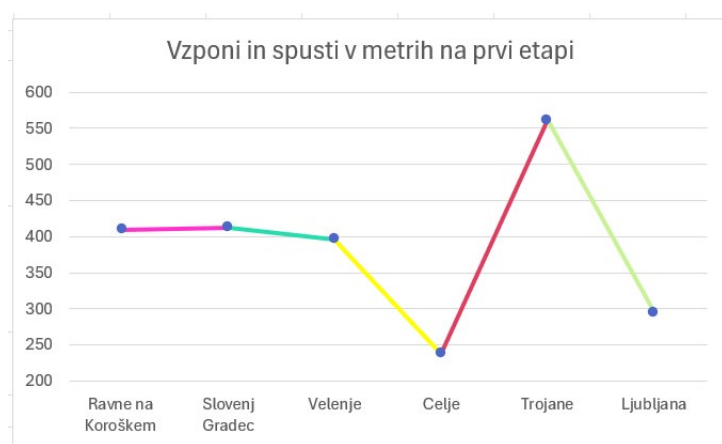


Graf 2: Prevožene razdalje v km druge etape

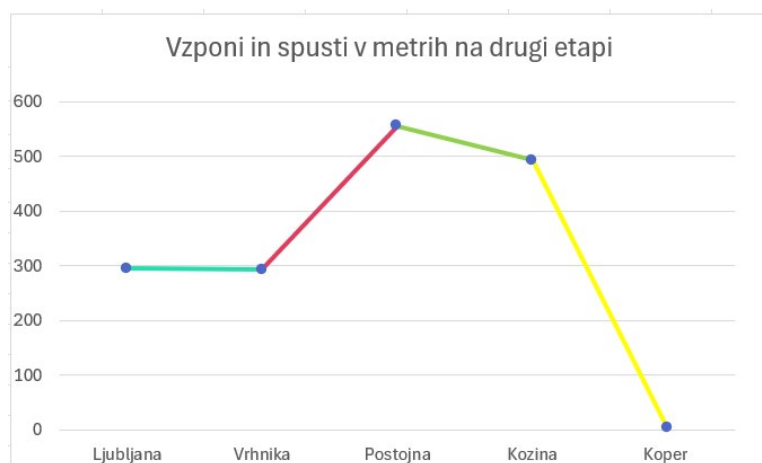
5. Nadmorska višina

Tabela 2: Nadmorske višine

MESTO	NADMORSKA VIŠINA (m)
Ravne na Koroškem	410
Slovenj Gradec	413
Velenje	396
Celje	238
Trojane	561
Ljubljana	295
Vrhnika	293
Postojna	556
Kozina	493
Koper	4



Graf 3: Vzponi in spusti v metrih na prvi etapi



Graf 4: Vzponi in spusti v metrih na drugi etapi

6. Izračuni

Tabela 3: Izračuni

Masa kolesarja (kg)	60	80	100	120
Potrebna moč pri vožnji po vodoravni cesti [P] (W)	77	91	105	118
Moč kolesarja [Pk] (W)	20	20	20	20
Povprečna moč sončne celice [Ps] (W)	25	25	25	25
Hitrost (km/h)	20	20	20	20

ktr	0,01	F upor (N)	8	9	9	9,5
g	9,81	F trenje (N)	6	8	10	12
		F vož (N)	14	16	18,81	21
		P vož (W)	77	91	104,5	118

Relacija	Razdalja (km)	Višinska razlika(m)	Čas(s)	Sprememba potencialne energije (Wh)	o mehansko delo P*t + ΔWp	Delo kolesarja Pk*t (Wh)	Skupna potrebna električna energija (Wh)	Energija iz sončne celice (Wh)	Energija iz akumulatorja (Wh)	Stanje energije v bateriji (Wh)	Skupaj potrebna električna energija po etapah (Wh)
60 kg											
Stanje na začetku 1. etape										281,00	
Ravne na Koroškem - SG	14	3	2520,00	0,49	54,49	14,00	40,49	17,50	22,99	258,01	40,49
SG - Velenje	26,5	-17	4770,00	-2,78	99,44	26,50	72,94	33,13	0,00	258,01	113,43
Velenje - Celje	23,4	-158	4212,00	-25,81	64,45	23,40	41,05	29,25	0,00	258,01	154,48
Celje - Trojane	35,3	323	6354,00	52,76	188,92	35,30	153,62	44,13	109,49	148,52	308,10
Trojane - Ljubljana	37,9	-266	6822,00	-43,45	102,74	37,90	64,84	47,38	0,00	148,52	372,94
Stanje po 1. etapi										148,52	372,94
Polnjenje po 1. etapi											
Stanje na začetku 2. etape										281,00	
Ljubljana - Vrhnika	20,7	-2	3726,00	-0,33	79,52	20,70	58,82	25,88	0,00	281,00	58,82
Vrhnika - Postojna	31,7	263	5706,00	42,96	165,23	31,70	133,53	39,63	93,91	187,09	192,35
Postojna - Kozina	36,8	-63	6624,00	-10,29	131,66	36,80	94,86	46,00	0,00	187,09	287,20
Kozina - Koper	27,5	-489	4950,00	-79,87	26,20	27,50	-1,30	34,38	0,00	187,09	285,91
Stanje na cilju										187,09	285,91

80 kg											
Stanje na začetku 1. etape										281,00	
Ravne na Koroškem - SG	14	3	2520,00	0,49	64,07	14,00	50,07	17,50	32,57	248,43	50,07
SG - Velenje	26,5	-17	4770,00	-2,78	117,56	26,50	91,06	33,13	0,00	248,43	141,13
Velenje - Celje	23,4	-158	4212,00	-25,81	80,46	23,40	57,06	29,25	0,00	248,43	198,18
Celje - Trojane	35,3	323	6354,00	52,76	213,06	35,30	177,76	44,13	133,63	114,80	375,94
Trojane - Ljubljana	37,9	-266	6822,00	-43,45	128,66	37,90	90,76	47,38	0,00	114,80	466,70
Stanje 1. etape										114,80	
Polnjenje po 1. etapi											
Stanje na začetku 2. etape										281,00	
Ljubljana - Vrhnika	20,7	-2	3726,00	-0,33	93,67	20,70	72,97	25,88	0,00	280,08	72,97
Vrhnika - Postojna	31,7	263	5706,00	42,96	186,91	31,70	155,21	39,63	115,58	164,50	228,18
Postojna - Kozina	36,8	-63	6624,00	-10,29	156,82	36,80	120,02	46,00	0,00	164,50	348,21
Kozina - Koper	27,5	-489	4950,00	-79,87	45,01	27,50	17,51	34,38	0,00	164,50	365,72
Stanje na cilju										164,50	

100 kg											
Stanje na začetku 1. etape										281,00	
Ravne na Koroškem - SG	14	3	2520,00	0,49	73,64	14,00	59,64	17,50	42,14	238,86	59,64
SG - Velenje	26,5	-17	4770,00	-2,78	135,69	26,50	109,19	33,13	0,00	238,86	168,83
Velenje - Celje	23,4	-158	4212,00	-25,81	96,46	23,40	73,06	29,25	0,00	238,86	241,88
Celje - Trojane	35,3	323	6354,00	52,76	237,20	35,30	201,90	44,13	157,77	81,09	443,78
Trojane - Ljubljana	37,9	-266	6822,00	-43,45	154,58	37,90	116,68	47,38	0,00	81,09	560,46
Stanje 1. etape										81,09	
Polnjenje po 1. etapi											
Stanje na začetku 2. etape										281,00	
Ljubljana - Vrhnika	20,7	-2	3726,00	-0,33	107,83	20,70	87,13	25,88	0,00	281,00	87,13
Vrhnika - Postojna	31,7	263	5706,00	42,96	208,59	31,70	176,89	39,63	137,26	143,74	264,02
Postojna - Kozina	36,8	-63	6624,00	-10,29	181,99	36,80	145,19	46,00	0,00	143,74	409,21
Kozina - Koper	27,5	-489	4950,00	-79,87	63,82	27,50	36,32	34,38	0,00	143,74	445,53
Stanje na cilju										143,74	

120 kg											
Stanje na začetku 1. etape										281,00	
Ravne na Koroškem - SG	14	3	2520,00	0,49	83,21	14,00	69,21	17,50	51,71	229,29	69,21
SG - Velenje	26,5	-17	4770,00	-2,78	153,81	26,50	127,31	33,13	0,00	229,29	196,52
Velenje - Celje	23,4	-158	4212,00	-25,81	112,46	23,40	89,06	29,25	0,00	229,29	285,58
Celje - Trojane	35,3	323	6354,00	52,76	261,34	35,30	226,04	44,13	181,92	47,37	511,63
Trojane - Ljubljana	37,9	-266	6822,00	-43,45	180,50	37,90	142,60	47,38	0,00	47,37	654,23
Stanje 1. etape										47,37	
Polnjenje po 1. etapi											
Stanje na začetku 2. etape										281,00	
Ljubljana - Vrhnika	20,7	-2	3726,00	-0,33	121,99	20,70	101,29	25,88	0,00	281,00	101,29
Vrhnika - Postojna	31,7	263	5706,00	42,96	230,27	31,70	198,57	39,63	158,94	122,06	299,86
Postojna - Kozina	36,8	-63	6624,00	-10,29	207,16	36,80	170,36	46,00	0,00	122,06	470,21
Kozina - Koper	27,5	-489	4950,00	-79,87	82,62	27,50	55,12	34,38	0,00	122,06	525,34
Stanje na cilju										122,06	

Razlaga Excelove tabele:

Masa kolesarja m [kg] – se spreminja

$$\text{Težni pospešek } g \left[\frac{m}{s^2} \right] = 9,81 \frac{m}{s^2}$$

Hitrost kolesarja $v \left[\frac{km}{h} \right], v \left[\frac{m}{s} \right]$ – določili smo $20 \frac{km}{h}$

Koeficient trenja k_t – vrednost glede na oprijem kolesa s podlago

Sila upora F_u [N] – se spreminja glede na velikost dijaka

Sila trenja F_t [N] – se spreminja glede na maso dijaka

Sila vožnje $F_{vožnje}$ [N] = nasprotna vsoti sil F_u in F_t

Potrebna moč pri vožnji po vodoravni cesti $P_{vožnje}$ [W]

$$P_{vožnje} [W] = F_{vožnje} [N] \cdot v \left[\frac{m}{s} \right]$$

Moč kolesarja P_k [W] = $v \cdot t$

Povprečna moč sončne celice P_s [W]

Sprememba potencialne energije

$$\Delta W_p = m \cdot g \cdot h \text{ [Wh]}$$

$\Delta W_p < 0$ je energija iz akumulatorja 0

Potrebno mehansko delo $P \cdot t + \Delta W_p$ [Wh]

Delo kolesarja $P_k \cdot t$ [Wh]

Skupna potrebna električna energija [Wh]

Energija iz sončne celice [Wh]

Energija iz akumulatorja [Wh]

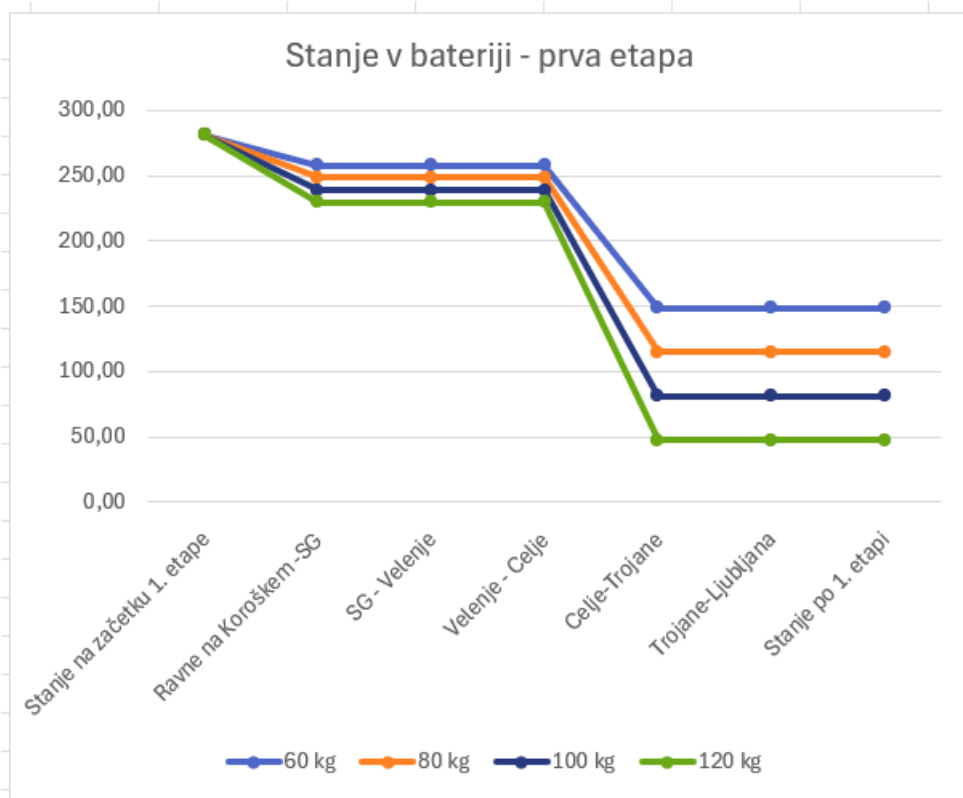
Stanje energije v bateriji [Wh]

Skupaj potrebna električna energija po etapah [Wh]

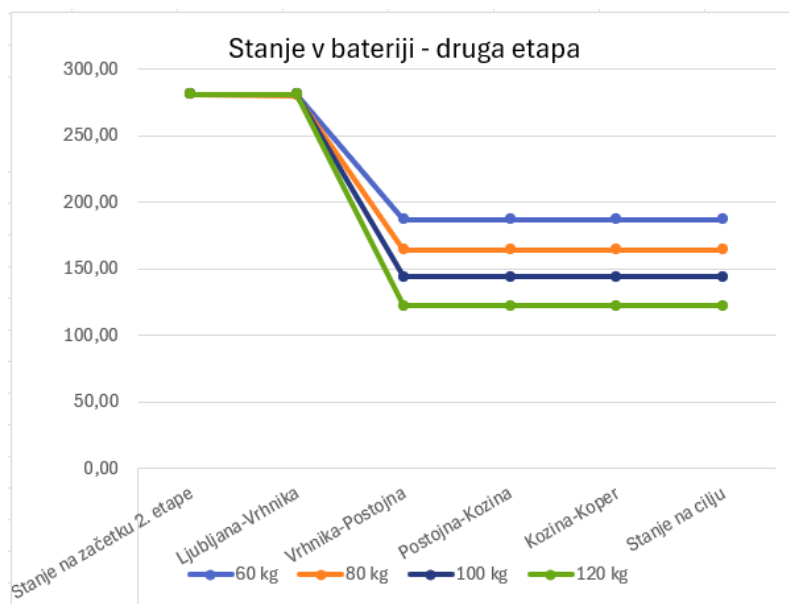
Razdalje med kraji s [km], s [m]

$$\text{Čas } t = \frac{s}{v} \text{ [s]}$$

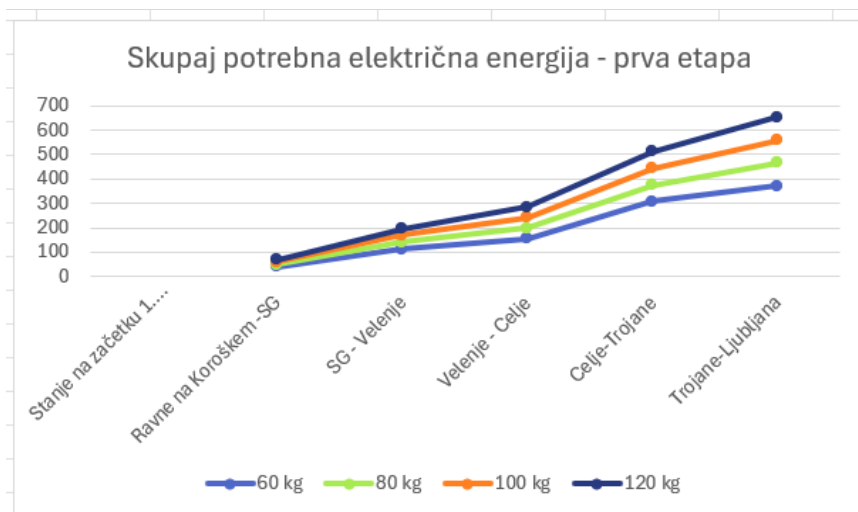
Višinska razlika nadmorskih višin Δh [m]



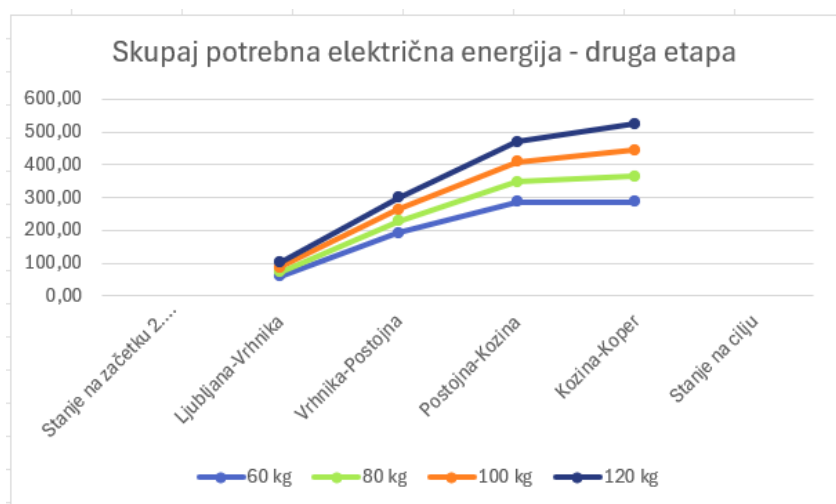
Graf 5: Stanje v bateriji - prva etapa



Graf 6: Stanje v bateriji - druga etapa



Graf 7: Skupaj potrebna električna energija - prva etapa



Graf 8: Skupaj potrebna električna energija - druga etapa

7. Razlage podatkov iz grafov

Lažji kolesar (60 kg)

- Ima največji doseg, saj motor in baterija porabita najmanj energije za premagovanje teže in upora. To pomeni, da lahko z enim polnjenjem baterij prevozimo največ kilometrov.
- Lahko prevažata največ prtljage, saj njegova nižja telesna masa omogoča, da večji del zmogljivosti baterije ostane na voljo za dodatne obremenitve. Kljub dodatni teži prtljage bo imel še vedno daljši doseg kot težji kolesar.

- Pri poganjanju pedal potrebuje najmanjšo pomoč motorja, saj je zaradi manjše teže potrebna manjša sila za poganjanje kolesa. To pomeni manjšo porabo baterij, daljšo avtonomijo vožnje in večjo možnost varčevanja.

Srednje lahek kolesar (80 kg)

- Ima nekaj krajši doseg kot 60-kilogramski kolesar, saj zaradi večje mase motor potrebuje več energije za premagovanje vzponov in vzdrževanje hitrosti na ravninah. To pomeni, da bo baterija hitreje prazna, še posebej pri večjih obremenitvah ali pri vožnji v zahtevnejših pogojih, kot so strmi klanci ali neugodni vremenski vplivi.
- Lahko prevaža zmerno količino prtljage, vendar mora biti previden pri njeni razporeditvi tudi zaradi stabilnosti kolesa in večje porabe energije iz baterije.

Srednje težek kolesar (100 kg)

- Ima bistveno krajši doseg v primerjavi z lažjimi kolesarji, saj večja telesna masa zahteva večjo porabo energije, predvsem pri vzponih in pospeševanju.
- Možnost prenašanja prtljage je zelo omejena, saj že sama telesna masa močno vpliva na zmogljivost baterije. Če bi dodatno obremenil kolo s težko prtljago, bi močno skrajšal doseg in povečal potrebo po postankih za polnjenje.
- Pri poganjanju pedal potrebuje precejšnjo pomoč motorja, še posebej pri vzponih, kjer bi sicer moral vložiti veliko več moči. Če želi optimizirati doseg, mora prilagajati način vožnje – voziti počasneje in zmanjšati pomoč motorja na ravninah.

Težji kolesar (120 kg)

- Ima najmanjši doseg od vseh, saj motor in baterija porabita največ energije za premagovanje njegove telesne mase. To pomeni, da bo moral pogosteje polniti baterijo in skrbno načrtovati vožnjo, da ne ostane brez energije pred ciljem.
- Prevažanje dodatne prtljage je zelo omejeno, saj bi še dodatno povečalo porabo energije in skrajšalo doseg. Praktično vsak dodaten kilogram prtljage pomeni krajšo avtonomijo, zato je priporočljivo prevažati le nujne stvari.

UGOTOVITVE

Z analizo podatkov smo ugotovili:

- Doseg kolesa je močno odvisen od mase kolesarjev. Pri večji masi se poveča poraba energije za premagovanje vzponov, kar posledično izprazni baterijo. Pri dijaku z maso 120 kg je bila pot kolesarja najkrajša, kar nam potrjuje, da masa bistveno vpliva na energetska učinkovitost.

- Mehansko delo je naraščalo sorazmerno z maso predmeta, kar je skladno s fizikalnimi zakonitostmi. Izračuni potrjujejo osnovno formulo za mehansko delo in njen linearen vpliv na maso.
- V sončnih razmerah je sončno polnjenje znatno podaljšalo doseg kolesa, kar omogoča prevoz večjih razdalj brez dodatnega polnjenja iz električnega omrežja.
- V oblačnem vremenu je bil vpliv sončnih celic zmanjšan, kar pomeni, da je potreben boljši načrt porabe energije in dodatno klasično polnjenje baterije.
- Vpliv terena na porabo energije na vzponih (npr. Celje–Trojane) povzroči največji padec napolnjenosti baterije, kar pomeni, da je optimalno polnjenje ključnega pomena pred večjimi vzponi, saj lahko prepreči prehitro izpraznitev baterije in omogoči nemoteno nadaljevanje poti.
- Pri spustih je bilo mogoče zmanjšati porabo energije ali celo izklopiti motor in voziti zgolj s pomočjo gravitacije.

Možnosti za izboljšavo sistema

- Uporaba večjih ali dodatnih sončnih celic bi lahko še izboljšala energetske učinkovitost in zmanjšala potrebo po dodatnem polnjenju iz električnega omrežja. Sončno celico pri postanku razgrnemo vodoravno iz nosilcev in pridobimo večjo osvetljeno površino.
- Lažje komponente in boljša aerodinamika kolesa bi zmanjšale porabo energije ter izboljšale celovito učinkovitost.
- Inteligentni sistem upravljanja porabe energije bi omogočil še večjo optimizacijo delovanja, saj bi prilagodil pomoč motorju glede na teren in trenutno napolnjenost baterije.
- Na vzponih (npr. Celje–Trojane) je moč opaziti največji padec napolnjenosti baterij, kar pomeni, da je optimalno polnjenje ključnega pomena pred večjimi vzponi, saj lahko prepreči prehitro izpraznitev baterij. Inteligentni sistem upravljanja porabe energije bi omogočil še večjo optimizacijo delovanja ter prilagajanje porabe energije glede na teren in trenutno stanje baterije.

ZAKLJUČEK

V raziskovalni nalogi smo analizirali učinkovitost Sončnega kolesa pri daljših poteh in ocenili vpliv različnih dejavnikov na njegov skupni doseg. Ključno vodilo raziskovalne naloge je bilo, ali lahko s pomočjo našega izdelanega Sončnega kolesa prevozimo razdaljo z Raven na Koroškem do Kopra brez dodatnega polnjenja iz električnega omrežja. V ta namen smo izračunali porabo energije pri različnih masah kolesarja, količine prtljage in strategijo vožnje.

Na podlagi izračunov smo prišli do naslednje potrditve oziroma ovržbe hipotez:

✓ Hipoteza 1 je delno potrjena – Sončno kolo lahko prevozi celotno pot od Raven na Koroškem do Kopra, vendar le ob optimalnih pogojih. Če je vreme sončno in če voznik prilagodi porabo energije, je mogoče s kombinacijo solarnega polnjenja in varčne vožnje doseči zastavljen cilj brez dodatnega klasičnega polnjenja. V oblačnem ali deževnem vremenu pa bi bilo potrebno vsaj eno dodatno polnjenje.

✓ Hipoteza 2 je potrjena – Masa kolesarja in dodatna prtljaga pomembno vplivata na porabo energije. Na podlagi izračunov smo ugotovili, da večja skupna masa poveča potrebno moč motorja. Pri težjih kolesarjih in veliki količini prtljage je doseg manjši, zato je treba temu ustrezno prilagoditi strategijo vožnje in načrtovati dodatne postanke za polnjenje.

✓ Hipoteza 3 je potrjena – Vremenske razmere imajo ključno vlogo pri učinkovitosti solarnega polnjenja. V sončnem vremenu so sončne celice sposobne zagotoviti znaten delež potrebne energije, medtem ko v oblačnem in deževnem vremenu pride do velikega zmanjšanja izkoriščanja solarnega sistema. V neugodnih vremenskih razmerah je potrebno bolj pogosto klasično polnjenje baterije.

✗ Hipoteza 4 je ovržena – Sončno kolo ne more neprekinjeno voziti brez vmesnih postankov, ne glede na vremenske razmere in obremenitve. Izračuni so pokazali, da je tudi v najboljših pogojih občasno potrebno polnjenje, bodisi zaradi omejene kapacitete baterije bodisi zaradi časovnih omejitev solarnega sistema.

Sklep

Rezultati raziskav potrjujejo, da je sončno kolo učinkovita alternativa klasičnemu električnemu kolesu, saj omogoča samostojno pridobivanje energije med vožnjo. Kljub temu je njegova učinkovitost močno odvisna od zunanjih dejavnikov, kot so masa, časovne razmere in način vožnje.

V idealnih pogojih (sončno vreme, lahka obremenitev, premišljena strategija vožnje) lahko prevozimo tudi daljše razdalje brez potrebe po dodatnem polnjenju. V manj ugodnih pogojih pa je potrebno načrtovanje postankov in prilagoditev načina vožnje.

Naša raziskava tako odpira možnosti za nadaljnji razvoj solarnih sistemov v kolesarski mobilnosti, kjer bi z večjo učinkovitostjo solarnih celic lahko z večjo kapaciteto baterij in naprednejšimi sistemi za upravljanje energije še dodatno povečali doseg in uporabnost sončnih koles v realnih pogojih.

LITERATURA

- [1] *Energija: viri, pretvorbe in enote*. eSvet. <https://www.esvet.si/energija/energija-viri-pretvorbe-enote> (pridobljeno 17. feb. 2025)
- [2] *Sončne elektrarne in NET metering*. GEN-I Sonce. <https://gen-isonce.si/novice/soncne-elektrarne-in-net-metering/> (pridobljeno 24. feb. 2025)
- [3] Dušan Simić: *Motorna vozila*. Beograd, Naučna knjiga 1988.
- [4] *How DC-DC Converters Work*. Circuit Basics. <https://www.circuitbasics.com/what-are-dc-dc-converters/> (pridobljeno 17. feb. 2025)
- [5] *SimpliPhi your power with the 1.2TM high output battery*. SimpliPhi Power Inc. 2018. <https://www.amerescosolar.com/wp-content/uploads/simpliphi-power-phi-1-2-kwh-160-amp-high-output-specification-sheet.pdf> (pridobljeno 26 feb. 2025)
- [6] *Electric motor | Definition, Types, & Facts*. Britannica. <https://www.britannica.com/technology/electric-motor> (pridobljeno 28. feb. 2025)