

# Povijest električnih automobila

---

Šantek, Ana

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:356207>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-23**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu  
STROJARSKI ODJEL  
Strojarstvo

Ana Šantek

# **POVIJEST ELEKTRIČNIH AUTOMOBILA**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2015.

Veleučilište u Karlovcu

STROJARSKI ODJEL

Strojarstvo

Ana Šantek

# **POVIJEST ELEKTRIČNIH AUTOMOBILA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Ljubomir Majdandžić, dipl.ing.

Karlovac, 2015.



## VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

### STROJARSKI ODJEL

Stručni studij strojarstva

Usmjerenje: Strojarske konstrukcije

Karlovac, 01.12.2014.

## ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: **Ana Šantek** Matični broj: 0110610025

Naslov: **POVIJEST ELEKTRIČNIH VOZILA**

Opis zadatka:

Radom je potrebno da student opiše povijest razvoja električnih vozila. Treba prikazati koji su motivi bili i zbog čega su se počela razvijati električna vozila.

Prikazati mogućnosti i dati analizu koji bi se obnovljivi izvori energije mogli koristiti za pogon različitih vozila.

Rad treba biti usmjeren na analizu različitih električnih vozila te dati njihove prednosti i nedostatke. Ovo je potrebno analizirati i opisati od samog početka razvoja električnih vozila pa sve do danas.

Također je potrebno i kritički dati osvrt na poteškoće u primjeni ovih vozila. Na kraju treba dati opći utjecaj i doprinos električnih vozila zaštiti okoliša i smanjenju emisija stakleničkih plinova.

Zadatak izraditi i opremiti sukladno Pravilniku o diplomskom ispitu VUK-a.

Zadatak zadan:  
01.12.2014.

Rok predaje rada:  
20.02.2015.

Predviđeni datum obrane:  
25.02.2015.

Mentor:

Prof. dr.sc. Ljubomir Majdandžić

Predsjednik Ispitnog  
povjerenstva:

Marijan Brozović, dipl.ing.

## **IZJAVA**

*Izjavljujem da sam ovaj završni rad na temu povijest električnih automobila napisala samostalno, na temelju znanja stečenog tijekom studiranja, uz pomoć stručne literature, interneta i korisnih savjeta mentora.*

*Uvelike se zahvaljujem mentoru prof.dr.sc. Ljubomiru Majdandžiću na pruženoj prilici i svim korisnim savjetima koje mi je davao pri izradi rada. Također se zahvaljujem tvrtki VJ-eko d.o.o. na pristupačnosti i pomoći pri izradi rada. Zahvaljujem se svima koji su mi pružali potporu tijekom studiranja, a osobito svojoj obitelji, suprugu i prijateljima.*

*Ana Šantek*

## SAŽETAK

Otkad postoji planet Zemlja, Sunce je zaslužno za sve procese koji su se odvijali na njemu. Od brojnih vremenskih i prirodnih uvjeta pa do nastanka prvih biljaka, životinja, potom i ljudi. Ono nam daje ogromnu količinu energije koju čovječanstvo ne može potrošiti, a usto je i obnovljiva. U svijetu velike potražnje za energijom potrebno je usmjeriti pažnju upravo na obnovljive izvore energije, koliko zbog njenog velikog potencijala, toliko i zbog ekološkog značaja.

U ovom radu osvrnut ćemo se na energiju Sunca i njeno, još uvijek maleno, iskorištenje. Također ćemo ukazati na ekološku tehnologiju, ponajprije automobila, od njenih početaka do danas, u svrhu smanjenja emisije stakleničkih plinova i samim time očuvanja okoliša.

## SUMMARY

Since the beginning of planet Earth, the Sun is a main initiator of every process occurred on the planet. Starting with many weather and nature conditions until the creation of first plants, animals and then even humans. It's giving us enormous quantity of energy which mankind is not able of spending it all, and besides it's renewable. In a world of high energy demand it is necessary to focus precisely on alternative energy sources, not only because of its great potential, but also for its environmental concern.

In this thesis we will look back on the energy of the Sun and its utilization, which is still at very low level. We will also indicate on environmental technologies, primarily cars from the beginning until today, in order to reduce greenhouse gas emissions and saving the environment as well.

# Sadržaj

1. UVOD.....	8
2. SUNČEVA ENERGIJA .....	9
2.1. Upotreba Sunčeve energije.....	9
2.2. Solarni toplinski sustav .....	11
2.2.1. Solarni kolektori.....	12
2.2.2. Spremnici topline.....	13
2.2.3. Termosifonski sustav.....	14
2.3. Solarni fotonaponski sustav .....	15
2.3.1. Princip rada fotonaponskih sustava.....	16
3. VOZILA NA ELEKTRIČNI POGON .....	17
3.1. Povijest električnih vozila.....	18
3.1.1. Primjeri elektromobila današnjice.....	22
3.2. Elektromotor .....	23
3.2.1. Istosmjerni elektromotor .....	24
3.2.2. Izmjenični elektromotor.....	25
3.3. Razvoj u Hrvatskoj .....	26
3.3.1. DOK-ING Loox.....	28
3.3.2. DOK-ING ULP dozer.....	30
3.3.3. Concept One EV .....	32
4. SUNČEVA VOZILA .....	33
4.1. Sunčev bicikl.....	34
4.2. Solarni vlak.....	35
4.3. Sunčeva letjelica .....	36
4.4. Sunčeva plovila.....	37
4.5. Razvoj Sunčevih vozila .....	38
4.6. Utrke solarnih vozila .....	40
5. ZAKLJUČAK.....	42
6. LITERATURA .....	43
7. POPIS SLIKA.....	45

# 1. UVOD

U današnjim vremenima se mnogo govori o obnovljivim izvorima energije, njihovom velikom ekonomskom i ekološkom značaju te, usporedno s time, i njihovoj što široj upotrebi. Pa što su to obnovljivi izvori energije? Obnovljivi izvori energije (OIE) se mogu podijeliti u dvije glavne skupine: prvi su tradicionalni izvori energije poput biomase i velikih hidroelektrana, a drugi su tzv. „novi obnovljivi izvori energije“, odnosno energija koja se dobiva iz obnovljivih izvora, poput energije Sunca, vjetra, geotermalnih izvora, energije oceana (energija valova, plime i oseke) i slično. Sam razvoj obnovljivih izvora energije važan je zbog nekoliko razloga, a najvažniji od njih svakako je smanjenje emisije CO<sub>2</sub>. [1]



Slika 1.1.: Godišnje sunčevo zračenje na površini Zemlje u usporedbi sa zalihama fosilnih i nuklearnih goriva i godišnjom potrošnjom energije u svijetu [6]

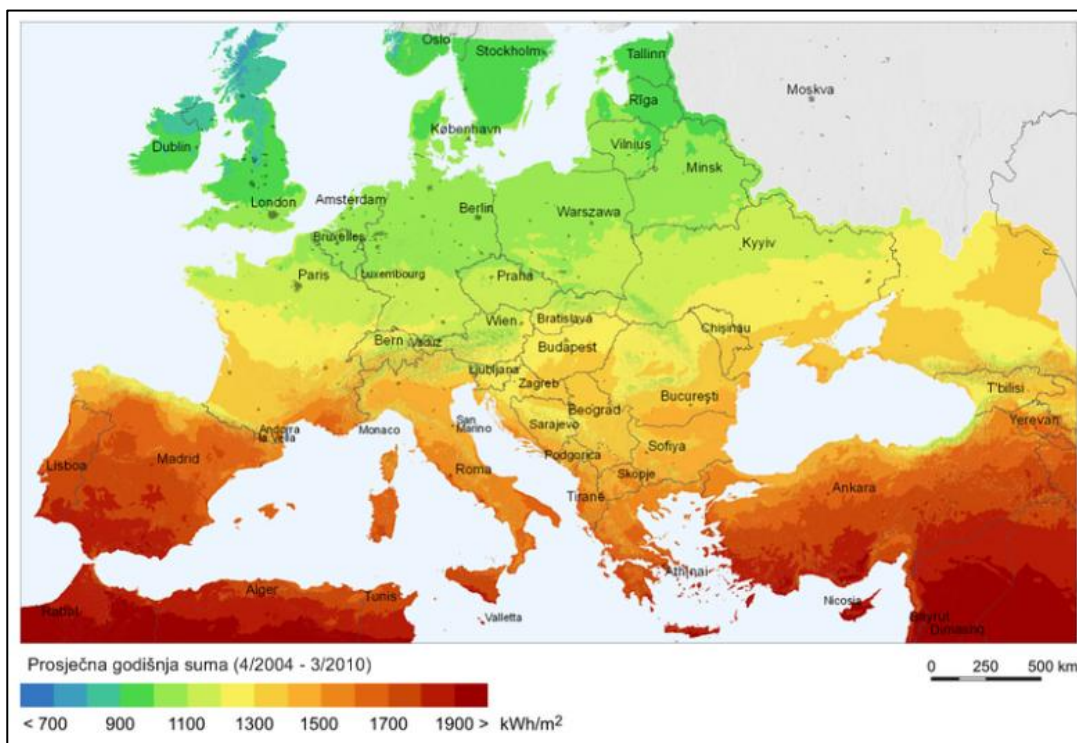
Sunčeva energija se može iskoristiti za pretvorbu u toplinsku koja može poslužiti za pripremu potrošne tople vode i grijanje, isto tako i u energiju hlađenja te direktnu pretvorbu u električnu energiju koja se koristi svaki dan diljem svijeta. Potencijal Sunčeve energije je ogroman, čak 50 puta veći od zbroja svih zaliha fosilnih i nuklearnih goriva, što je i prikazano na slici 1.1. [2] U ovom radu osvrnut ću se na energiju Sunca, njenu pretvorbu u električnu energiju te samu primjenu iste na vozilima na električni pogon.



## 2. SUNČEVA ENERGIJA

### 2.1. Upotreba Sunčeve energije

Potencijal energije Sunčeva zračenja mnogo je veći od ostalih obnovljivih izvora energije (npr. biomase, vode, vjetrova,...), te je mnogo veći od ukupne svjetske potrošnje energije. Upravo zbog toga je sve češća upotreba energije Sunca u svijetu, ali i u Hrvatskoj koja ima više nego dovoljno osunčanosti za pretvorbu energije Sunca u ostale oblike energije, ponaročito u njenim zapadnim i južnim dijelovima. No ipak je to još uvijek mnogo manji postotak nego u ostalim zemljama svijeta. Procjenjuje se da je udio iz obnovljivih izvora energije 2012. godine u Hrvatskoj činio 0.02%, dok je u Njemačkoj iznosio 5.6%, mada Njemačka ima manju godišnju insolaciju od Hrvatske.



Slika 2.1.- Prosječna godišnja osunčanost Europskih zemalja [4]

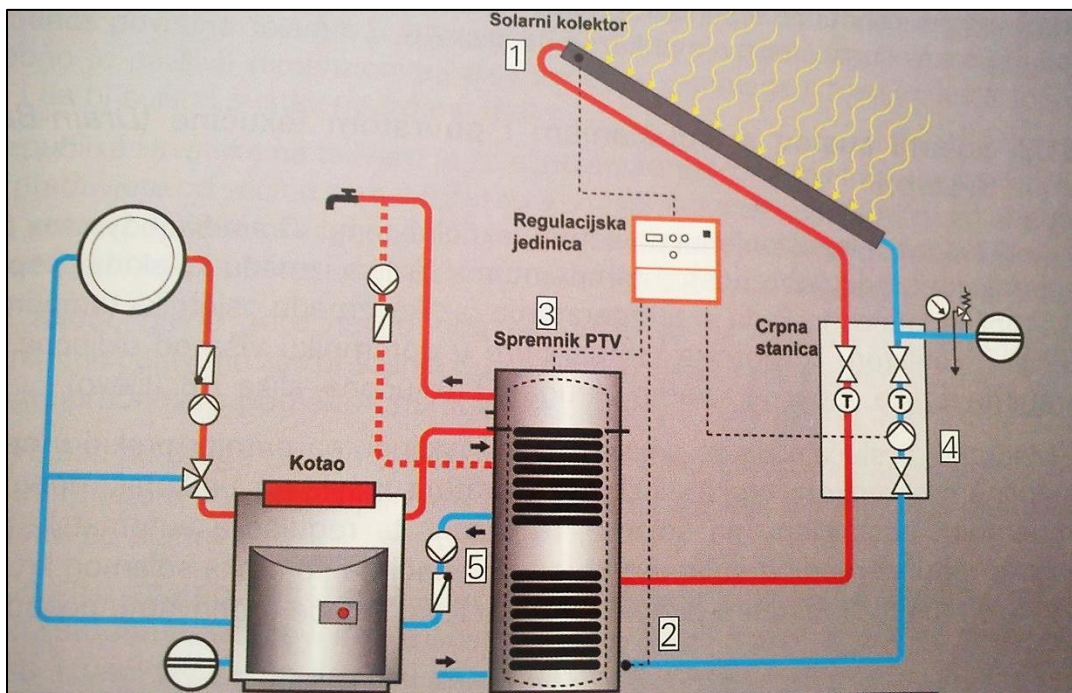
Hrvatska ima raznolika prirodna bogatstva, čist okoliš i more i prvenstveno stoga je opskrba električne energije pomoću fotonaponskih modula i toplinske energije za grijanje i pripremu potrošne tople vode od velikog značaja za cijelu Hrvatsku. Sama opskrba električne energije omogućava niz drugih upotreba solarne energije. Zamislimo samo koliko je električna energija rasprostranjena u svijetu. Ne samo u kućanstvima već i na ulicama u obliku javne rasvjete, u prometu od prometnih znakova pa do izuma električnih vozila. Sve to može omogućiti energija Sunca. Još jedan način su i pasivne kuće čijom se izgradnjom ukupna potrošnja energije može smanjiti čak do 80%. Upravo kućanstva bilježe najveću potrošnju i najbrži rast potrošnje električne, toplinske i rashladne energije. Pasivna zgrada je zgrada kojoj su toplinski gubici reducirani tako da je godišnja potreba za energijom ispod  $15\text{kWh/m}^2$ , što znači da ta zgrada mora imati dobru toplinsku izolaciju i istodobno prihvaćanje upadnog Sunčevog zračenja i taj dotok topline provesti dalje u unutrašnjost prostorije. U njoj se bez grijanja i klimatizacije postiže ugodna temperatura za boravak u prostoriji, kako ljeti tako i zimi, samo iskorištavanjem Sunčeve energije. Važno je napomenuti da je pasivna zgrada učinkovita i ekonomski isplativa ako ukupni troškovi nisu veći od od prosječne cijene novogradnje. [6]



Slika 2.2.: Primjer pasivnog korištenja Sunčeve energije u arhitekturi [7]

## 2.2. Solarni toplinski sustav

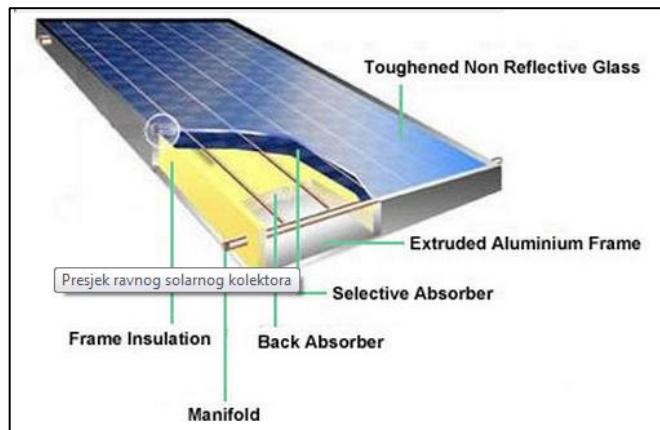
Glavni dijelovi solarnog toplinskog sustava čine solarni kolektor, spremnik topline, crpna stanica, automatika i regulacija te eventualno pomoćni grijač. Ostali sastavni dijelovi su polazni i povratni vod, sigurnosni ventili, ekspanzijska posuda, zaporni i nepovratni ventili, manometar, termometar, osjetnici temperature kolektora i spremnika, sigurnosni graničnik temperature (ako je potreban), armatura za punjenje i pražnjenje, odzračnici te po potrebi termostatski miješajući ventil. Najbitniji od svih ovih dijelova su kolektori i spremnici topline. Najčešće se upotrebljavaju pločasti solarni kolektori, te vakuumski kolektori. [6]



Slika 2.2.1. Shema solarnog sustava za pripremu potrošne tople vode

### 2.2.1. Solarni kolektori

Pločasti kolektori se uglavnom koriste za grijanje i pripremu potrošne tople vode, njegova izrada je potpuno usvojena te se proizvode u serijama diljem svijeta. Najčešće se na građevine postavljaju okomito ili horizontalno, okrenuti prema jugu i nagnuti prema horizontali. Kut nagiba pritom je najčešće  $35^\circ$  do  $45^\circ$ , no postoje različite izvedbe postavljanja kolektora.



Slika 2.2.1.1.: Presjek pločastog solarnog kolektora [8]

Vakuumski kolektori sadrže staklene cijevi u kojima se nalazi vakuum koji omogućuje najbolju toplinsku izolaciju što čini konvekcijske gubitke između cijevi i apsorbera (koji se nalazi u vakuumskim cijevima) gotovo zanemarivima. Imaju vrlo visoku djelotvornost iskorištenja Sunčeve energije, a zbog niskih gubitaka mogu iskorištavati i slabo Sunčevo zračenje tzv. difuzno zračenje te se upravo zbog tog iskorištenja slabe Sunčeve energije mogu postavljati na građevine kao dio fasade. Osim toga postavljaju se okomito ili horizontalno pod bilo kojim kutem.

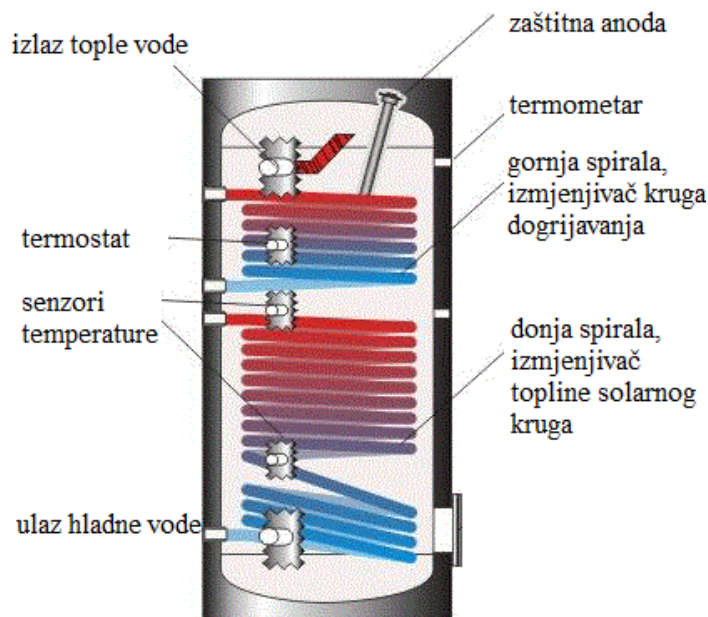


Slika 2.2.3.: Vakuumski kolektor [8]



## 2.2.2. Spremnici topline

Još jedan bitan sastavni dio toplinskog sustava su spremnici topline. Izrađuju se od čelika, betona, plastičnih materijala i slično, pri čemu treba voditi računa da se čelični spremnici s unutrašnje strane zaštite od korozivnog djelovanja vode (potrebno ih je obložiti nekim zaštitnim materijalom). Kao spremnik se obično koristi toplinski izolirani rezervoar napunjen vodom, pri čemu se kod izolacije koriste materijali sa što manjim koeficijentom gubitaka topline ( $k_s$ ). Toplina iz kolektora se može u spremnik prenositi preko izmjenjivača topline kako se tekućina u kolektorskom krugu ne bi miješala s vodom u spremniku. Ako je pak u kolektorskom sustavu otopina antifrizna ili nekog drugog sredstva protiv smrzavanja, izmjenjivač topline je svakako potreban.

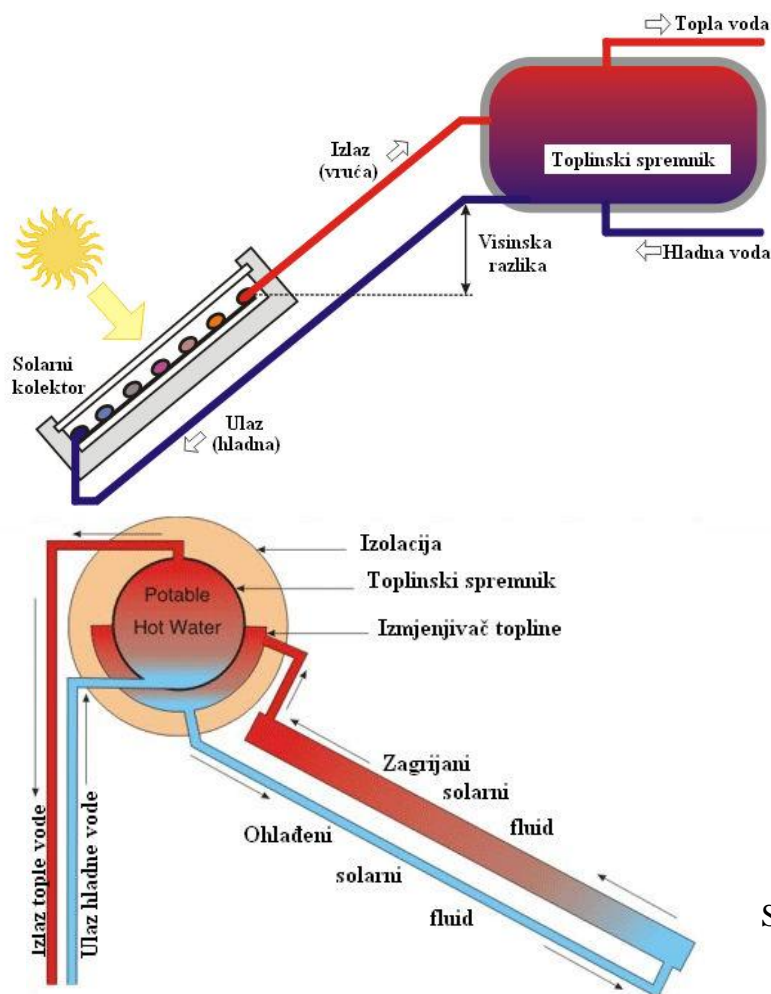


Slika 2.2.2.1.: Presjek spremnika tople vode [9]

### 2.2.3. Termosifonski sustav

Najjednostavniji solarni toplinski sustav svakako je tzv. termosifonski sustav. Ovaj sustav radi na principu cirkuliranja tople i hladne vode. Voda koja prolazi kroz kolektor se zagrijava i u spremniku se podiže iznad hladne vode zbog razlike u njihovoj gustoći. Hladna voda opet polazi ka kolektoru gdje se zagrijava i tako se zatvara krug cirkulacije.

Prednost termosifonskih sustava je njihova jednostavnost i učinkovitost, te nemaju nikakve dodatne dijelove poput izmjenjivača topline, crpke, automatike i slično. No, isto tako imaju i nedostatke. Glavni je taj što spremnik mora biti smješten barem 20 cm iznad kolektora kako bi voda mogla normalno cirkulirati, što je često i praktični problem zbog mjesta koje spremnik zauzima u potkrovlju. Također, radi efikasnog protoka, cijevi između kolektora i spremnika trebaju biti što kraće i što većeg promjera, a voda se pri niskim temperaturama može smrzavati što se može spriječiti upotrebom antifrizu (što znači da je potreban izmjenjivač topline) ili ispuštanjem vode zimi.



Slika 2.2.3.1.: Otvoreni i zatvoreni termosifonski sustav [10]

### 2.3. Solarni fotonaponski sustav

Osnovna podjela fotonaponskih sustava je podjela na sustave koji su:

- priključeni na mrežu - mogu izravno biti priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu ili pak preko kućne instalacije. Pritom mogu isporučivati višak proizvedene struje ili pri manjku proizvedene struje trošiti onu iz mreže.
- sustavi koji nisu priključeni na mrežu, odnosno samostalni sustavi – oni mogu biti sa ili bez pohrane energije, što ovisi o načinu potrošnje energije i o vrsti njene primjene.

Solarne ćelije su izravni pretvarači Sunčeve energije u električnu pomoću fotoelektričnog efekta, a izrađuju se od poluvodičkih materijala poput monokristaličnog i polikristaličnog silicija, amornog silicija, kadmij-telurida ili bakar-indij-diselenida. Pritom je bitan i antirefleksijski sloj kako bi ćelija apsorbirala što više Sunčevog zračenja.

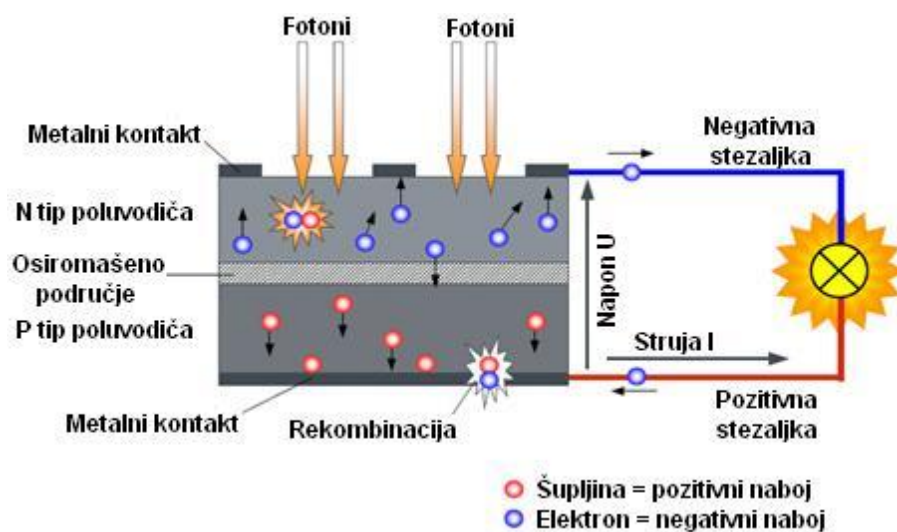


Slika 2.3.1.: Solarne ćelije i njene izvedbe [12]

### 2.3.1. Princip rada fotonaponskih sustava

Kada se ćelija izloži Sunčevom zračenju, fotoni (čestice svjetlosti) izbijaju elektrone iz kristalne rešetke pa se tako na jednom kraju poluvodiča stvara višak negativnog naboja odnosno elektrona, a na drugoj strani višak pozitivnog naboja odnosno šupljina. Zbog skupljanja naboja na suprotnim stranama poluvodičkog spoja nastaje elektromotorna sila.

Ako se na ćeliju spoji na neko trošilo, sama solarna ćelija postaje izvorom električne energije i tako se spaja električni krug. Ovo čini osnovu upotrebe solarnih ćelija za proizvodnju električne energija koja se dalje može upotrebljavati u svim oblicima u kojima se struja inače koristi. Dakako, ćelije se mogu međusobno i spajati radi većeg učinka i tada one čine solarne module ili panele.



Slika 2.3.2.: PN spoj, princip rada solarnih ćelija [11]



### 3. VOZILA NA ELEKTRIČNI POGON

U zadnje vrijeme se sve više govori o električnim vozilima, osobito automobilima. Njihova glavna značajka je motor kojeg pokreće samo električna energija koja se pohranjuje u punjivim baterijama, odnosno akumulatorima. Više je prednosti električnih automobila u usporedbi s automobilima s unutrašnjim izgaranjem, poput:

- veće energetske učinkovitosti; jer pretvaraju više energije dobivene iz mreže u radnu snagu;
- mehanička jednostavnost motora i visok stupanj iskorištenja energije - preko 90%
- ekološki su prihvatljiviji zbog puno niže emisije CO<sub>2</sub>, a time i manje zagađuju okoliš;
- imaju bolje performanse u smislu tihog rada, boljeg ubrzanja i manje održavanja;
- ne trebaju mjenjač jer motori ostvaruju velik moment i pri malenim okretajima
- manje su energetske ovisni pošto je električna energija sveprisutna. Električni automobil vrlo je lako dopuniti putem bilo koje utičnice i nastaviti put;
- cijena „goriva“; koja je vrlo bitna stavka. Potrošnja električnih automobila je 15-20 kWh na 100 km, odnosno po dnevnoj tarifi to je iznos od 15 do 20 kn. Dakle, daleko manje od cijene naftnih derivata, a također se može još više umanjiti ako se za punjenje koriste jeftinije tarife struje (noćna tarifa koja je dvostruko jeftinija) ili struja iz vlastitih izvora, osobito ona dobivena iz solarnih panela.

Isto tako postoji i nekoliko nedostataka, najčešće vezanih uz pohranu energije, odnosno:

- manji domet vožnje- 350 km s jednim punjenjem Li-ionskih baterija;
- samo vrijeme punjenja koje traje od 4 do 8 sati, a brzo punjenje pola sata;
- veličina, težina i cijena baterija- zauzimaju puno prostora u automobilu, cijena Li-ionskih je 10 000 eura, a olovnih (dometa tek 80 km) iznosi 2 000 eura;
- cijena samih električnih automobila.

No, već postoje razna istraživanja kako bi se ti nedostaci uklonili. [13][14]

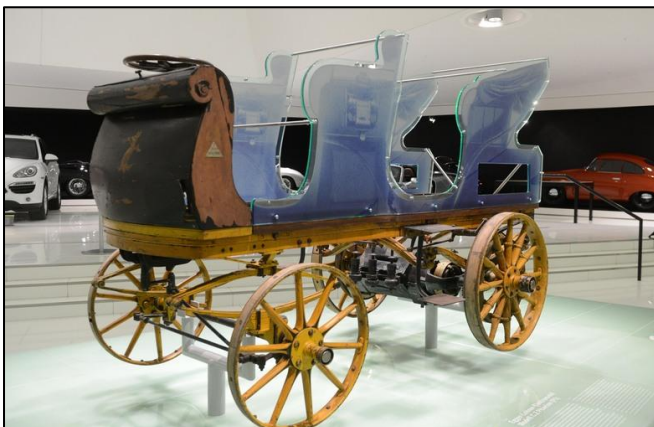
U Hrvatskoj se električni automobili još ne koriste kao u svijetu, registrirano ih je tek 19, a najveći razlog tome su punionice upitne funkcionalnosti kojih ima vrlo malo. No, usprkos svemu, upotreba električnih automobila u Hrvatskoj sve se više podupire.

### 3.1. Povijest električnih vozila

Električni automobili imaju neobično dugu povijest. Pojavili su se prije više od 100 godina, čak i prije izuma motora s unutarnjim izgaranjem, a najpopularniji su bili krajem 19. i početkom 20. stoljeća. Robert Anderson je konstruirao prvi električni automobil još 1830.-ih godina, doduše tada još nije bio automobil već kočija. Praktičnija vozila su 1842. izumili Thomas Davenport i Robert Davidson, a koristili su nepunjive električne baterije. Ipak, 23 godine kasnije Francuz Gaston Plante je izumio bolje baterije za skladištenje energije koje je 1881. godine dodatno poboljšao Camille Faure. To je bio veliki korak naprijed za upotrebu električnih automobila. Godine 1897. izumljen je prvi komercijalni električni automobil koji je korišten kao vozilo taksija u New Yorku. Tada su postavljeni mnogi brzinski rekordi i to upravo električnim automobilima, a rekord od 106 km/h postigao je Jenatzy Camille u travnju 1899. godine. Čak je i slavni inženjer Ferdinand Porsche 1898. konstruirao svoj prvi automobil i to na električni pogon.



Slika 3.1.1.: Prvi električni automobil (kočija) [17]



Slika 3.1.2. *Lohner-Porsche*

Početak 20. stoljeća električni automobili čine veći postotak ukupnog broja automobila bez obzira što su tada već izumljeni i Ottov i Diesellov motor s unutarnjim izgaranjem. Naime, pošto je cijena nafte tada bila vrlo visoka, motori s unutarnjim izgaranjem nisu bili isplativi. Također su imali manje prednosti od automobila na električni pogon pošto su davali manje komfora i jednostavnosti prilikom korištenja.

No, zanimanje za električne automobile ubrzo se smanjilo iz nekoliko važnih razloga:

- Amerika je do 1920.-ih uspjela bolje povezati gradove cestama što je razvilo potrebu za dužim putovanjima, što električni automobili tada nisu mogli savladati.
- krajem 19. stoljeća otkrivena su nova nalazišta nafte u Teksasu što je dovelo do pada cijena naftnih derivata i tako pogodovalo upotrebi automobila pogonjenim motorima s unutarnjim izgaranjem.
- Charles Kettering je 1912. godine izumio električni pokretač čijom upotrebom više nije bila potrebna tjelesna snaga za pokretanje automobila.
- početak masovne proizvodnje automobila s motorom s unutarnjim izgaranjem Henryja Forda što ih je učinilo pristupačnima i jeftinijima dok su električni automobili po cijeni ostali isti. Tako je 1912. cijena elektromobila iznosila 1750\$, a benzinskog automobila samo 650\$.

Tako su do kasnih 30.-ih godina električne automobile iz navedenih razloga gotovo potpuno zamijenila vozila na fosilna goriva. Od tada je bilo nekoliko pokušaja vraćanja električnih automobila u upotrebu, no bez većeg uspjeha, a oni modeli koji su se nastavili pojavljivati na tržištu poput *Scottish Aviation Scamp-a*, *Enfield-a* i General Motorsova *Electrovaira* i *Electrovette* nisu prešli u masovnu upotrebu.

Interes za električne automobile zbog velike naftne krize ponovno je porastao 70.-ih godina prošlog stoljeća, te 1990.-ih kada su se počeli donositi novi zakoni o ispušnim plinovima u korist hibridnih automobila i elektromobila. Neke od saveznih država su čak donijele zakon o nultoj razini emisije ispušnih plinova.

Najpoznatiji automobil 1990.-ih, isključivo električni, bio je General Motors-ov EV1 koji se počeo proizvoditi 1996.godine. To je zapravo sportski automobil za dvoje s dosegom do 260 km i maksimalne brzine 130 km/h koja je zapravo bila elektronski ograničena, a modificirani tip istog automobila je 1994.godine postigao brzinski rekord od čak 295 km/h. Ubrzanje 0-100 km/h postizao je za 9 sekundi. Punio se vrlo jednostavno kod kuće ili bilo kojem trgovačkom centru, a vozači ovog vozila imali su i povlašteni parking. Usprkos visokoj cijeni, vozilo je u to vrijeme bilo vrlo popularno, ali nije bio u prodaji već isključivo u najam.



Slika 3.1.3.: General Motors EV1

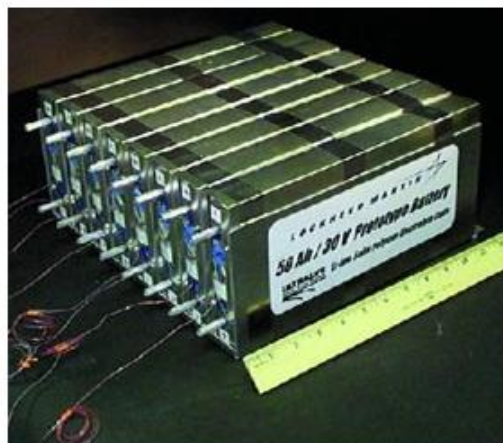
Nažalost, nakon dolaska Busheve administracije i promjene zakona u korist automobila na gorive ćelije (vodik), General Motors je prekinuo najam svih električnih automobila u upotrebi te iste poslao na uništavanje i recikliranje. Samo su neki primjerci ostali na nekoliko sveučilišta i muzeja. Slično se dogodilo i još nekim električnim automobilima, poput Nissana koji je također nakon isteka najma uništio sva vozila, te Toyote koja je i svoje automobile RAV4 EV dala uništiti. No, samo Toyoti to nije potpuno uspjelo jer je skupina građana osnovala udrugu kako bi spasili vozilo od uništavanja. Vozači unajmljenih vozila su organizirali javne prosvjede te je Toyota svojih zadnjih 328 vozila dala u prodaju. Ta vozila se i sada znaju pojaviti na tržištu s cijenama čak preko 60 000 \$.

U 2000.-im godinama su se odvijali odlučujući događaji vezani za proizvodnju električnih automobila. Prodaja im se pokušavala spriječiti, a automobili na fosilna goriva su bili zaštićeni od strane moćnih naftnih tvrtki.

Unatoč svemu, broj električnih automobila je u porastu, a njihova proizvodnja i upotreba sve se više podupiru. Neka električna vozila već imaju serijsku proizvodnju, a najprodavaniji od njih su Mitsubishi i-MiEV i Nissan Leaf svaki s ukupnom prodajom više od 15 000 automobila. Značajan je i model Tesla Roadster iz 2008.godine koji koristi 6831 komad Li-ion baterija s kojima može prijeći 395 km po punjenju, čak i nešto više uz regenerativno kočenje kojim se u bateriju vrati nešto energije. Od 0 do 100 km/h ubrzava za samo 4 sekunde dosežući maksimalnu brzinu od 217 km/h. Zanimljivo je da je jednako učinkovit kao benzinski automobil, ali bi trošio samo 1.74 l/km. Hrvatska također ima dva bitna proizvođača električnih automobila, od kojih je jedan gradski s karakteristikama sportske vožnje- Loox, a drugi je sportski električni automobil- Concept One. [15] [16] [17] [18]



Slika 3.1.4.: Tesla Roadster



Slika 3.1.5.: Li-ion baterije modela Tesla Roadster



### 3.1.1. Primjeri elektromobila današnjice



Slika 3.1.1.1.: Mitsubishi i-MiEV [19]



Slika 3.1.1.2.: Nissan Leaf [20]



Slika 3.1.1.3.: Honda EV-STER [21]



Slika 3.1.1.4.: Fisker Karma [22]



Slika 3.1.1.5.: BMW i3 [23]

## 3.2. Elektromotor

Elektromotor je jedan od glavnih pokretača električnih automobila, on prenosi snagu na kotače koji zatim pokreću cijelo vozilo. Što je to zapravo elektromotor i kako on radi? Elektromotor je električni stroj koji pretvara električnu energiju u mehaničku na principu elektromagnetske indukcije (pojava nastanka elektromotorne sile u vodljivoj petlji koja obuhvaća magnetski tok).

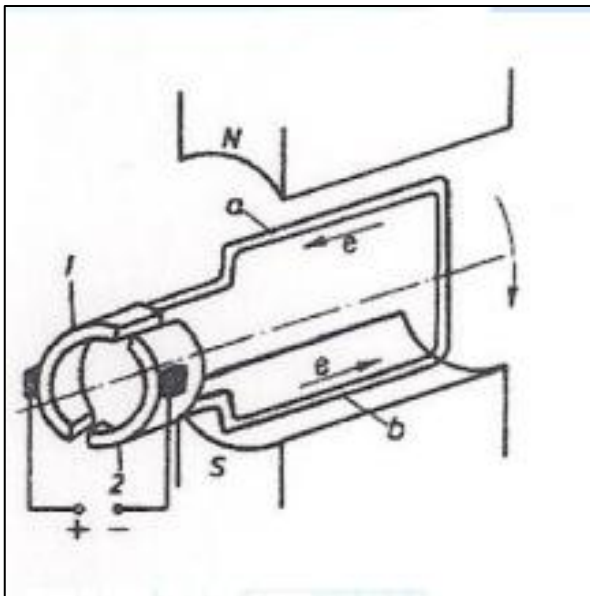
Elektromotore možemo podijeliti prema izvoru napajanja na istosmjerne motore (DC), izmjenične (AC) i koračne elektromotore. Karakteristike i opis rada istosmjernih i izmjeničnih elektromotora je naveden niže u radu. Glavni nedostatak je što je izmjeničnim motorima teže i skuplje upravljati u usporedbi s istosmjernima. Prednosti asinkronih, odnosno izmjeničnih prema istosmjernim motorima ima nekoliko:

- manja masa,
- manje dimenzije,
- manji moment inercije,
- manja cijena,
- veća brzina vrtnje,
- veći stupanj korisnog djelovanja (koji iznosi 0.95-0.97 dok kod DC iznosi 0.85-0.89),
- jednostavno i lako održavanje. [24]

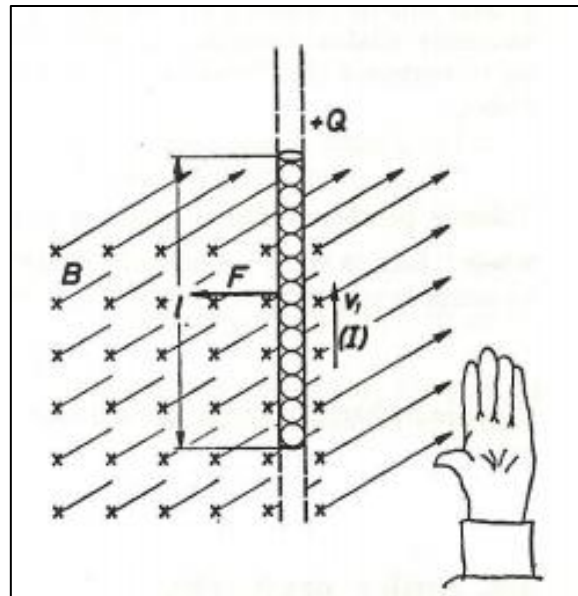
### 3.2.1. Istosmjerni elektromotor

Istosmjerni stroj, odnosno motor je uređaj koji istosmjernu struju pretvara u mehanički rad. Najjednostavniji istosmjerni motor otkriven je 1821.godine, a otkrio ga je fizičar Michael Faraday. Sastojao se od zavoja žice u čijem se središtu nalazio magnet, a plutao je na sloju žive. Kada je kroz zavoj potekla istosmjerna struja, oko njega se stvorilo magnetsko polje te se zavoj počeo okretati oko magnetu. Istosmjerni motor kakav danas znamo slučajno je otkrio Zenobe Gramme 1873. spojivši dva dinama od kojeg se drugi počeo okretati.

Klasični istosmjerni motor sastoji se od rotirajuće petlje koja je oblikovana u obliku elektromagneta s dva pola i od statora kojeg čine dva permanentna magnetu. Svitak stvara vlastito magnetsko polje kada kroz njega potekne struja, a kako se već nalazi u elektromagnetskom polju, ona djeluju jedno na drugo. Na svitku se inducira sila, tzv. Lorentzova sila koja zbog svog hvatišta (izvan osi rotacije rotora) stvara moment koji zakreće rotor. Njen smjer se određuje pravilom lijeve ruke gdje prsti ispružene ruke predstavljaju smjer struje, u dlan „ulazi“ elektromagnetno polje, a ispruženi palac predstavlja smjer sile. Na krajevima svitka je spojen rotacijski prekidač (komutator) koji kod svakog okretaja rotora dvaput mijenja smjer toka struje i tako stvara moment koji zakreće rotor. [25]



Slika 3.2.1.1.: Pojednostavljeni prikaz rada istosmjernog stroja



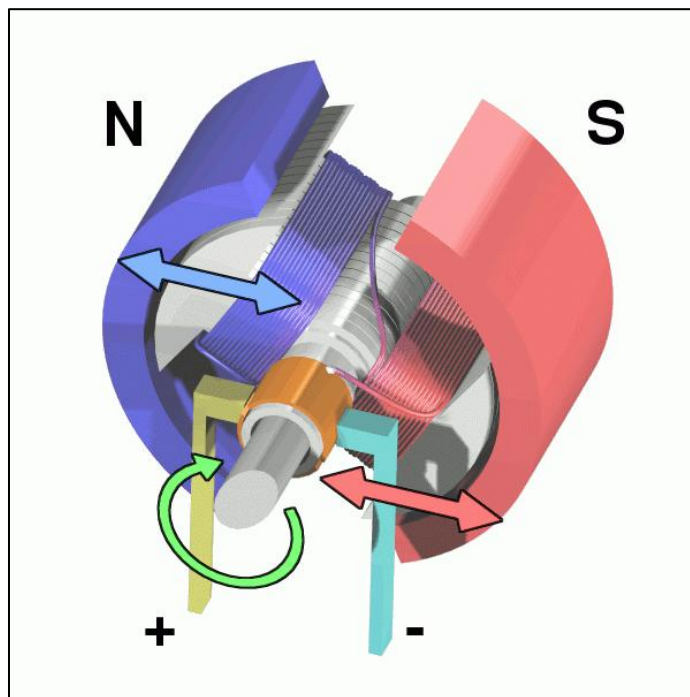
Slika 3.2.1.2.: Pravilo lijeve ruke



### 3.2.2. Izmjenični elektromotor

Izmjenični elektromotor sastoji se od zavojnice, magneta i komutatora. Kada električna energija poteče iz baterije do zavojnice koja je smještena između polova magneta, zavojnica stvara vlastito magnetsko polje. Polovi magnetskog polja se zakreću prema suprotnim polovima magneta, sjeverni pol prema južnom, a južni pol prema sjevernom. To međusobno djelovanje magnetskih polja uzrokuje zakretanje zavojnice.

Kada se polovi zavojnice zakrenu do suprotnih polova, struja u zavojnici promijeni smjer, a promjenom smjera struje mijenja se i magnetsko polje zavojnice. Tako južni pol postaje sjeverni i obrnuto pa zavojnicu privlače polovi koji su je prije odbijali. Tako se zavojnica zapravo neprestano okreće. Promjenu smjera struje u zavojnici svakih pola okreta izaziva komutator, slično kao i kod istosmjernih elektromotora. [26]



Slika 3.2.2.1.: Izmjenični elektromotor

### 3.3. Razvoj u Hrvatskoj

Električni automobili u Hrvatskoj imaju vrlo kratku povijest, njihova proizvodnja započela je tek u 21.stoljeću. No, to zasigurno ne znači da nije i uspješna. Prvi hrvatski automobil svakako je DOK-INGov Loox čiji je razvoj započeo 2007.godine u prostorijama tvrtke, a serijska proizvodnja je započela 2013.godine. Osmišljen je kao gradski auto, ali ima karakteristike i sportskih automobila. Pokraj njega se nalazi i automobil Mate Rimca, mladog poduzetnika i vlasnika tvrtke Rimac Automobili, koji je kao student izradio električni automobil od benzinskog BMW-a s kojim je vozio drift utrke. Danas je Rimac izumitelj najbržeg elektromobila naziva Concept One EV koji je prvi put predstavljen u Frankfurtu. Prva verzija je izrađena 2009.godine i od tada je prerađivan u svrhu poboljšanja. Za malenu državu poput Hrvatske ovo su veliki uspjesi koji mogu značiti i nadahnuće za neke nove projekte. [27] [28]



Slika 3.3.1.: DOK-ING Loox [29]



Slika 3.3.2.: Concept One EV [30]

Iako je povijest električnih automobila u Hrvatskoj još dosta kratka, potiče se njihov razvoj prvenstveno preko državnih poticaja. Iako je trenutno od 1.3 milijuna vozila registrirano njih tek 19 i to uglavnom iz kućne radinosti, Ministarstvo zaštite okoliša i prirode u suradnji s Fondom za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost su 2014. godine osigurali 7 milijuna kuna za sufinanciranje pri kupnji električnih automobila i hibrida od čega je 3 za fizičke osobe, a 4 milijuna za tvrtke. Naravno, visina poticaja ovisi o tehnologiji automobila, pa će tako najveći iznos od 70 000 kn dobiti kupci električnih vozila, 50 000 kn kupci plug-in hibridnih vozila, a 30 000 kupci hibridnih vozila s emisijom CO<sub>2</sub> ispod 100g/km. Procedura je također vrlo jednostavna. Po objavi javnog poziva za poticaje, potrebno je samo ispuniti zahtjev i predati ga u Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost, nakon čega se potpisuje ugovor o sufinanciranju, te se izvrši isplata na račun kupca u roku od 30 dana od predaje dokaza o kupovini automobila.

Takav poticaj za kupnju ekoloških automobila zasigurno će pridonijeti i ispunjavanju zahtjeva Europske Unije po pitanju emisije CO<sub>2</sub>. Naime, kako bismo te zahtjeve ispunili, do 2050.godine bi u Hrvatskoj od ukupnog broja automobila trebalo biti 50% onih na električni pogon. Po procjeni EU, do 2030.god. bi se emisija ugljičnog dioksida trebala smanjiti za 40%. Trenutno automobili u Hrvatskoj godišnje ispuste milijun tona CO<sub>2</sub>, tako da bi navedeni postotak bio značajan iznos.

Kako bi se još više pridonijelo takvom planu razvoja potrebno je poraditi na infrastrukturi, odnosno na punionicama. Punjenje je moguće u domovima, no u slučaju dužeg putovanja značajan je problem punjenja baterija. Zato je potrebno osigurati sigurna mjesta za punjenje, a kako bi punionice bile energetski isplativije poželjno bi bilo iskoristiti i solarnu energiju pa se tako mogu izgraditi solarne nadstrešnice. [31]



Slika 3.3.3.: Izvedba punionice kao solarne nadstrešnice

### 3.3.1. DOK-ING Loox

DOK-ING d.o.o. je tvrtka u vlasništvu Vjekoslava Majetića osnovana 1991.godine za proizvodnju specijalnih strojeva i opreme. Postoji i ured tvrtke u Zagrebu, tvrtka-kćer u Slunju i još jedna u Africi za razminiranje Afričkih prostora. Primarna proizvodnja tvrtke su strojevi za razminiranje, rudarstvo pa čak i vatrogasna vozila koja su prilagođena svim terenima. Strojevi su automatizirani, pokretani daljinskim konzolama kako se ne bi ugrozili ljudski životi u opasnim situacijama i poslovima. Proizvodi tvrtke izvoze se diljem svijeta, a zaslužni su za proizvodnju prvog hrvatskog električnog automobila pa i automobila uopće.

Upotrebljavajući znanje iz proizvodnje specijalnih vozila izumljen je automobil Loox, električni trosjed sa snažnim električnim motorom dizajniran za gradsku vožnju, ali i za veće brzine vožnje. Naglasak je na sigurnosti vozača pa aluminijska šasija s velikom otpornošću na sudare preuzima jakost sile udara te se po potrebi savija odvođajući dinamičke sile ispod kabine putnika. Također se uz visoku torzijsku krutost osigurava sigurnost i stabilnost. Prostor za baterije u sredini šasije te 2 ili 4 električna motora simetrično ugrađena u prednji i stražnji dio automobila osiguravaju nisko težište, te uz idealni omjer mase poboljšavaju izvedbu sportske vožnje. [32]

Zamišljen je kao vozilo s pogonom na sva četiri kotača, no kupci mogu izabrati vrstu pogona ovisno o vlastitim željama. Loox je opremljen i integralnim elektroničkim sustavom stabilnosti koji brine o aktivnoj sigurnosti, odnosno povezuje poznate elektroničke sigurnosne funkcije današnjih vozila u jednu i spaja ih s funkcijama elektromotora, koji su upravljani računalom, na pogonskim kotačima. Tako se, npr. pri zanošenju vozila korekcije ne obavljaju kočenjem određenog kotača već njegovim ubrzanjem što je zapravo djelotvornije od kočenja.



Slika 3.3.1.1.:  
Unutrašnjost Loox-a [33]

Loox ima i dvostruki sustav kočenja od čega većinu ostvaruje sustav regenerativnog kočenja koji vraća određenu količinu električne energije utrošene za ubrzavanje automobila natrag u spremnike energije. Ovo kočenje se jednostavno ostvaruje djelomičnim ili potpunim otpuštanjem papučice ubrzanja. Pri snažnijem kočenju aktiviraju se ABS kočnice te skupa s regenerativnim kočenjem smanjuje ukupan put zaustavljanja.

Baterije u automobilu su litij-željezo-fosfatne, vrlo izdržljive, nezapaljive te se manje griju od ostalih vrsta baterija. Vrijeme punjenja im ovisi o jakosti toka struje pa tako na standardnoj punjenje prazne baterije traje oko 11 sati, a dopunjavanje 3 do 4 sata, dok punjenje preko jačeg izvora struje traje upola manje. Jamstvo baterija je najmanje 150 000 km što vremenski može biti dug period ovisno o količini prijeđenih kilometara.

Tehnička obilježja popraćena su i estetskim karakteristikama od samog izgleda automobila do njegovih sjedišta. Prostor unutar automobila maksimalno je iskorišten, vozačevo sjedalo se nalazi na sredini unutrašnjosti dok su suvozačeva sjedala iza i sa svake strane vozačevog sjedala što omogućava iznimnu udobnost, osobito za maleno gradsko vozilo. Pritom se vozačevo sjedalo pri ulasku i izlasku iz automobila u odgovarajućem smjeru zakreće za 90° kako bi se olakšalo sjedenje odnosno ustajanje iz automobila. Također, sjedišta su ergonomski oblikovana te je u svakom ugrađen samozatezajući sigurnosni pojas. [32]

Broj sjedala: 3
Broj vrata: 3 uključujući stražnja podizna
Duljina: 2900 mm
Širina: 1700 mm
Visina: 1600 mm
Motor: Electric AC brushless
Baterija: Lithium-Iron-Phosphate (LiFeP04), 32 kWh
Neto masa vozila: 1350 kg
Snaga: 90 kW
Torque (0 min): 360 Nm
Najveća brzina: 130 km / h
Ubrzanje 0-100 km / h: 8 sekundi
Raspon: 200-250 km
Način vožnje: Ekonomsko - Sportski
Potrošnja: 0,12 kW / km
Klima: Automatska + električna ventilacija i grijanje
Sigurnosni pojasevi: 3 točke, ugrađeni u sjedala
Program stabilnosti: Integral Electronic
Upravljanje: Elektronski servo
Kočnice: Electro-regenerativno, elektronička parkirna kočnica
Infotainment: Stereo radio, RDS, CD/MP3, DVD, Bluetooth, navigacija
Opcije: FWD, elektromagnetski ovjes, voditelj sjedala ...

Slika 3.3.1.2.: Tehnički podaci DOK-ING Loox-a



### 3.3.2. DOK-ING ULP dozer

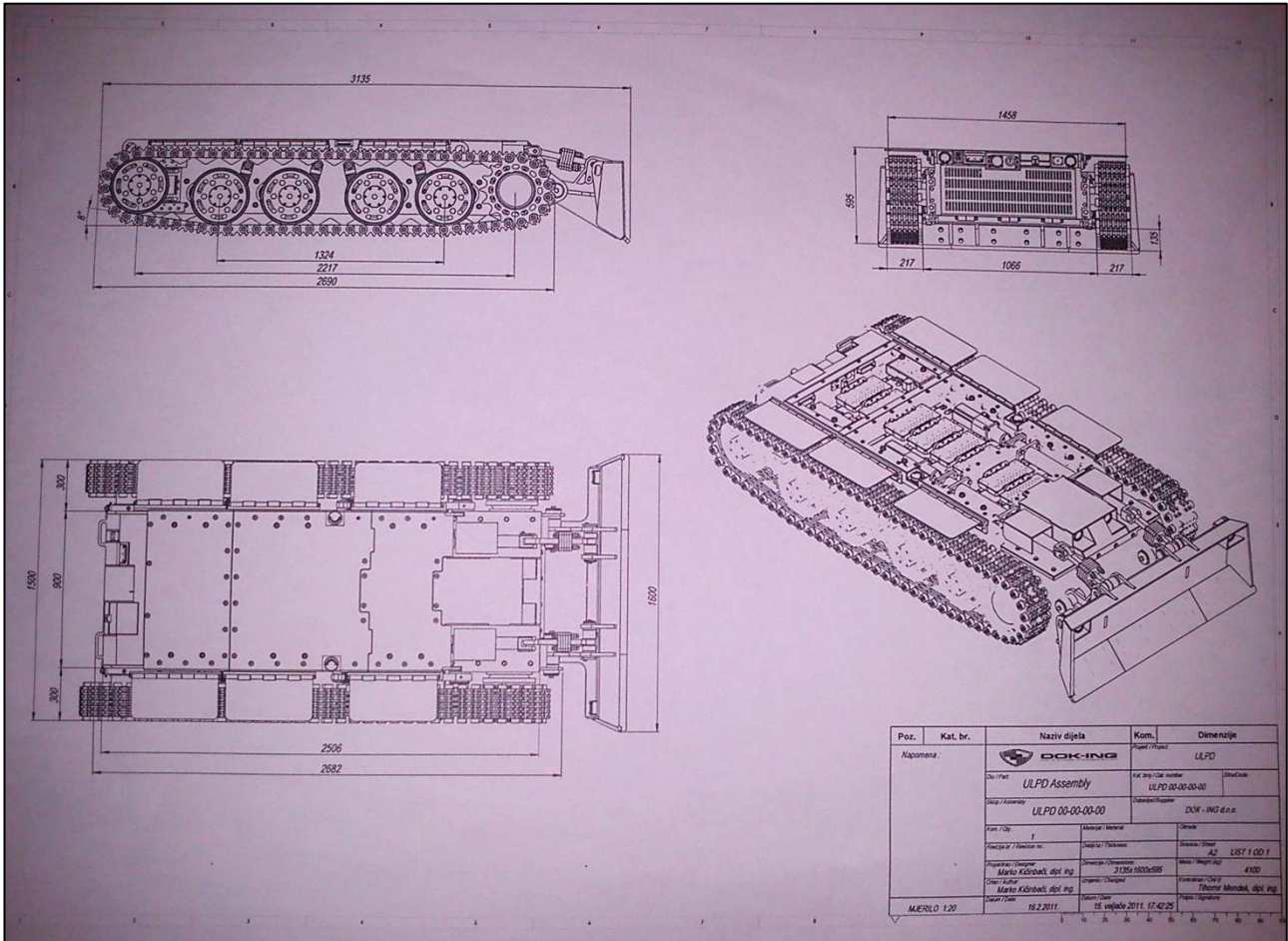
Tvrtka DOK-ING, kako je već rečeno, proizvodi specijalne strojeve. Za ovaj rad bitan je jedan stroj koji je novost u proizvodnji. Vrlo je sličan stroju XLP Diesel Dozer koji je godinama u široj uporabi u Južnoj Africi u rudnicima platine. Ime je dobio po svom niskom profilu (eng. Ultra Low Profile), a dimenzije mu iznose 3 146 x 1 600 mm visine samo 58 cm i upravo ga visina stavlja u klasu opreme niskog profila. U DOK-ING-u tvrde da je novi stroj jedini dostupan u ovim dimenzijama.

Nova tehnološka postignuća omogućila su daljnje poboljšanje izvedbe rukovanja strojem, a upotrebljena su upravo na ULP-u. Tako se zbog gusjenica stroj može kretati po nagibima većim od 30°, što omogućava rad i vožnju na svim tipovima rudarskih površina, osobito padina, iz kojih strojevi često nisu mogli izaći. Koriste se i novi sustavi koji ugrađenim baterijama jamče siguran rad, stalnu energiju i kontrolu potrošnje energije. Niska potrošnja energije podrazumijeva mogućnost stroja da obavi radni obujam od 700 tona rudače na sat, bez punjenja. Potpuno punjenje omogućava rad stroja do 2.5 sata, a puni se na DOK-ING-ovom brzom punjaču.

Prototip ULP dozera je već uspješno testiran u rudnicima platine u Južnoj Africi čime je potvrdio očekivanja DOK-ING-ovog razvojnog tima, te uz nekoliko manjih promjena završio fazu ispitivanja prototipa. Dva ovakva stroja su već spremna za dostavu, a nekoliko ih je još u proizvodnji. ULP dozer je veliki poticaj razvoju električnih vozila pošto imaju visoku produktivnost, bez štetnog utjecaja za okoliš i nula ispušnih plinova. [33]



Slika 3.3.2.1.: XLP Diesel Dozer



Slika 3.3.2.2.: Nacrt ULP dozera

### 3.3.3. Concept One EV

Concept One EV je električno vozilo hrvatske tvrtke Rimac Automobili čiji je vlasnik mladi poduzetnik Mate Rimac. Tvrtka je osnovana 2009. godine, u najvećoj ekonomskoj krizi, no tvrtka je opstala i danas joj je tržišna vrijednost veća od pola milijarde kuna. Tvrtka trenutno zapošljava, i to dvostruko više zaposlenika. U nju ulažu mnoge inozemne tvrtke, što nije čudno jer tvrtka proizvodi najbrže električne automobile na svijetu što dakako znači i da su skupi, no prvi primjerak je već prodan.

Concept One ima 1088 KS, ubrzanje mu je 2.8 sekundi do postignutih 100 km/h. Postiže elektronički ograničenu brzinu od 305 km/h, a ima doseg od čak 600 km s jednim punjenjem. Automobil čini snažnim njegova šasija koja je u potpunosti izrađena od karbonskih vlakana. Kako bi se dobila visoka snaga koju automobil potražuje, koristi se napon od 650 V, za razliku od svih ostalih koji koriste standardni napon od 400 V. Isto tako, baterije koje su ugrađene u automobil treba održati na što većem kapacitetu, a cilj je da to bude 90 kWh.



Slika 3.3.3.1.: Unutrašnjost Concept One EV-a [34]

Concept One ima ugrađena četiri elektromotora od kojih svaki pokreće jedan kotač i svaki razvija po 300 kW pri 12 000 okretaja. Po dva su motora smještena u aluminijsko kućište sprijeda i straga, a najveći problem elektromotora je njihova velika masa koja se nastoji smanjiti za trećinu, što bi bilo oko 200 kg.

Otkad je tvrtka osnovana, a prvi automobil izrađen i predstavljen na tržištu, javilo se mnogo potencijalnih kupaca, no neki koji su htjeli više automobila su zahtjevali premještanje tvrtke izvan Hrvatske, što Rimac nije htio. Ipak je isporučio prvi automobil 2013.godine upravo u inozemstvo, ali bez premještaja same tvrtke. [35]



## 4. SUNČEVA VOZILA

Sunčeva vozila su električna vozila čije elektromotore u cijelosti ili djelomično pokreće solarna energija. Pretvorba solarne energije u električnu se odvija pomoću fotonaponskih ćelija, odnosno modula koji su smješteni na samom vozilu npr. na krovu. Ova vrsta vozila zasad je u fazi ispitivanja i ne koristi se u komercijalne svrhe, no postoji nekoliko dostupnih modela. Također postoji više vrsta sunčevih vozila pa se osim automobila mogu navesti i vozila poput bicikla, vlaka, plovila pa čak i letjelice. Svaki od njih koristi solarnu energiju kao jedini pogon ili pak kao dodatni pogon uz već postojeći.

Solarni automobili koriste solarnu energiju za punjenje akumulatora, odnosno baterija koje zatim pokreću elektromotor, a tako i cijelo vozilo. Uglavnom se koriste u utrka solarnih vozila diljem svijeta, dok se u prometu još uvijek ne koriste. Utrke solarnih vozila mogu biti daljinske ili brzinske. Najpoznatija je *World Solar Challenge* koja se od 1987. održava u Australiji svake dvije godine. U Hrvatskoj je također proizveden automobil na solarni pogon i to u Zadarskoj Strukovnoj školi kojeg su učenici s mentorom profesorom Antom Ivancem sami osmislili i izradili. Automobil je širok 2.3 metra, dužine 3 m, s jednim sjedalom i tri kotača. Težak je oko 350 kg, a za pogon koristi samo solarnu energiju koju skuplja 6 solarnih panela. Napravljen je u sklopu projekta SOELA (Solarni električni automobil) po kojem se treba izraditi pet solarnih automobila. Na projektu je radilo pet škola u Hrvatskoj, a učenici Strukovne škole su ga prvi izradili. [36] [37]



Slika 4.1.: Zadarski učenici i njihovo Sunčevo vozilo [36]

## 4.1. Sunčev bicikl

Sunčev bicikl je sličan električnom biciklu, a osim solarne energije za pogon koristi i mehaničku energiju vozača. Nedavno je dizajniran solarni bicikl naziva *Pi*, tvrtke *Electrobike* iz San Francisca. Bicikl se pritiskom na sklopku pretvara u moped koji zahvaljujući solarnoj energiji ispušta 0g CO<sub>2</sub>. Pri nedostatku solarne energije bicikl preko kućne mreže puni baterije za samo 2.5 sata, što je sasvim dovoljno za put od 40 km pri brzini od 32 km/h [38]



Slika 4.1.1.: Solarni bicikl

## 4.2. Solarni vlak

Solarni vlak, prvi u Europi kojeg pokreće solarna energija je 2011.godine u lipnju pušten u promet i prešao je put od grada Antwerpena u Belgiji do granice s Nizozemskom. To je prvi vlak koji na jednoj dionici upotrebljava samo solarnu energiju iz fotonaponskih ploča postavljenih iznad tunela kojim prolazi pruga. Tunel je dug 3.6 km, a sadrži čak 16000 solarnih ploča što po površini odgovara veličini 8 nogometnih stadiona. Tolika količina solarnih modula proizvodi količinu struje dovoljne ne samo za potrebe vlaka već se isporučuje i samom gradu te zadovoljava potrebe za električnom energijom gotovo tisuću kućanstava u gradu. [39]



Slika 4.2.: Solarne ćelije iznad tunela [38]

### 4.3. Sunčeva letjelica

Sunčeva letjelica je vrsta električne letjelice čiji elektromotor pokreće energija Sunca koju apsorbiraju fotonaponske ploče, a poput automobila, skladišti se u baterijama. Još uvijek se ne koriste mnogo u zračnom prometu jer su uglavnom u fazi ispitivanja. Jedan od obećavajućih projekata je letjelica *Solar Impulse* Bertranda Piccarda. Pokreću je četiri električna motora, duga je 21.85 m, visoka 6.4 m, raspon krila 63.4 m, a ima tek 1600 kg. Na krilima zrakoplova smješteno je gotovo 12 000 solarnih ćelija koje dobivenu energiju pohranjuju u Li-ionskim baterijama. Može letjeti na maksimalnoj visini od 8500 m, a predviđeno brzina leta je u prosjeku 70 km/h. *Solar Impulse* je već prešla 2000 km, a ove godine Piccard planira preletjeti svijet sa svojom letjelicom bez trunke goriva, uvjeren da će njegova avantura imati pozitivan ishod za daljnji razvoj i upotrebu solarne energije. [40]



Slika 4.3.: *Solar Impulse*

#### 4.4. Sunčeva plovila

Sunčeva plovila su se do sada koristila uglavnom za rijeke i kanale, ali su se počela ispitivati i na veće udaljenosti. Tako je 2010. godine brod *Planet Solar* isplovio u Monaku i započeo svoje putovanje oko svijeta. Pritom je preplovio preko 40 000 km kako bi, slično kao i Piccard, usmjerio javnost na ulaganje u obnovljive izvore energije. Brod je dug 31 metar, a paluba je prekrivena s više do 500 četvornih metara solarnih ćelija snage 93 kW koje pokreću dva elektromotora. Višak energije pohranjuje se u Li-ionskim baterijama čija težina iznosi 8.5 tona. U kolovozu 2014.godine brod se nalazio u Dubrovniku, a nakon 584 dana plovidbe vratio se u Monako. [41]



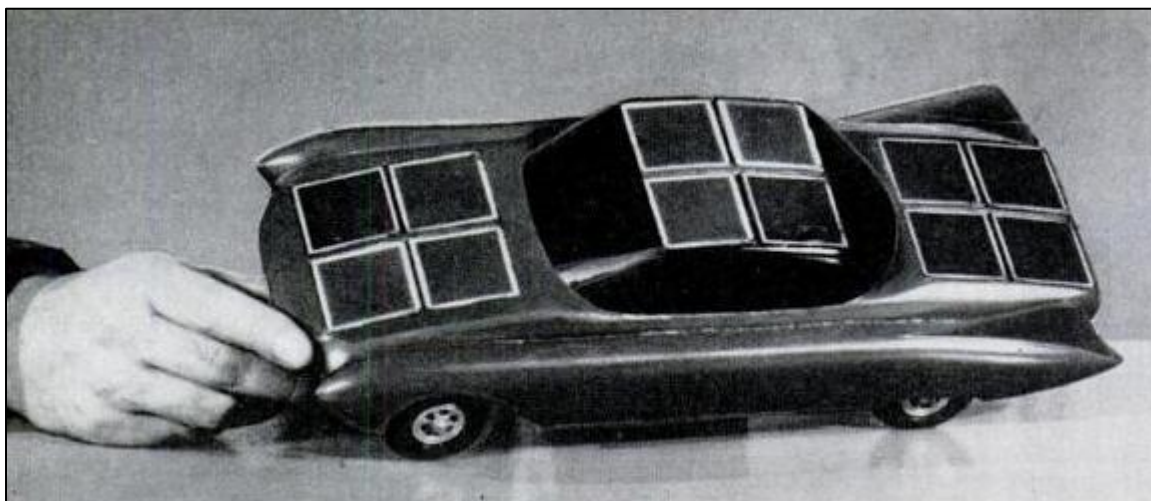
Slika 4.4.: *Planet Solar*



## 4.5. Razvoj Sunčevih vozila

Prvi automobil s benzinskim motorom je izrađen krajem 19.stoljeća u Njemačkoj, a izumio ga je Karl Benz. Nakon tog izuma, razvoj tehnologije automobila se odvijao vrlo brzo tako da su se samo desetljeće nakon izuma prvog automobila s benzinskim motorom automobili proizvodili u tvornicama i postali su ekonomski pristupačni. Samo 70 godina nakon Benzovog izuma izumljeno je prvo solarno vozilo, točnije 1955.godine. William Cobb iz *General Motorsa* je izložio svoje solarno vozilo dugo samo 38 cm naziva *Sunmobile*. Iako je vozilo bilo premaleno da bi ga itko vozio, smatra se prvim vozilom s pogonom na Sunčevu energiju. Imao je 12 ugrađenih ćelija i maleni motor od 1.5V koji je imao dovoljno snage za pokretanje vozila.

Prvo vozilo u odgovarajućoj veličini je izloženo javnosti 1962.godine. Bilo je to vozilo marke *Baker*, staro 50 godina i modificirano kako bi ga pokretala energija Sunca pomoću solarnih modula ugrađenih na krovu. Ukupno je sadržavalo oko 10 640 ćelija, no moglo je prijeći samo manje udaljenosti bez obzira na dobar sustav baterija.



Slika 4.1.1.: Prvi solarni automobil *Sunmobile*

Godine 1977. sveučilišni profesor Edward Passerini izradio je *Bluebird* solarni automobil u punoj veličini automobila i trebao je biti pokretan samo solarnim modulima, bez sustava baterija. Izložen je 1982. na Svjetskom sajmu, ali nikad se nije serijski proizvodio.

Postoje navodi da je tvrtka *Toyota Motor Corporation* početkom 21.stoljeća u tajnosti razvijala vozilo pokretano samo energijom Sunca, ali zbog financijskih problema projekt nikad nije ostvaren.

Iako postoji mnogo projekata vezanih uz solarna vozila, od kojih su neka i navedena, još uvijek nije počela masovna upotreba i serijska proizvodnja potonjih, no ima obećavajućih projekata koji bi mogli stvoriti nove ideje iskorištenja Sunčeve energije. [42]



Slika 4.1.2.: *Baker* vozilo

## 4.6. Utrke solarnih vozila

Solarni automobili najčešće se koriste u utrkama vozila takve vrste. Prva utrka naziva *Tour de Sol* je održana 1985.godine u Švicarskoj. U početku je bila zamišljena kao dio promocije tvrtke švicarskog poduzetnika Josefa Jennija, a htio je dokazati kako solarna energija može biti iskoristiva i u Srednjoj Europi, a ne samo u vrućim područjima Zemlje. Na utrci postoje mnoge kategorije, a u početku su bile samo dvije i to:

1. kategorija: vozila bez dodatnog pogona (čista solarna energija, dozvoljena površina panela  $6\text{m}^2$ , snage generatora 480 W i 4.8kWh za baterije),
2. kategorija: vozila s dodatnim pogonom (poput snage mišića i sl., ali smanjene vrijednosti za generatore i baterije)

Odvijala se u pet faza od Romanshorna do Ženeve. Utrku su započela 73 solarna vozila, od kojih je do kraja došlo preko 50 vozila. Također je bila odvijana na ulicama otvorenima za promet pa su se sudionici morali pridržavati svih prometnih pravila. Utrka se održavala od 1985. do 1993. godine. [43]

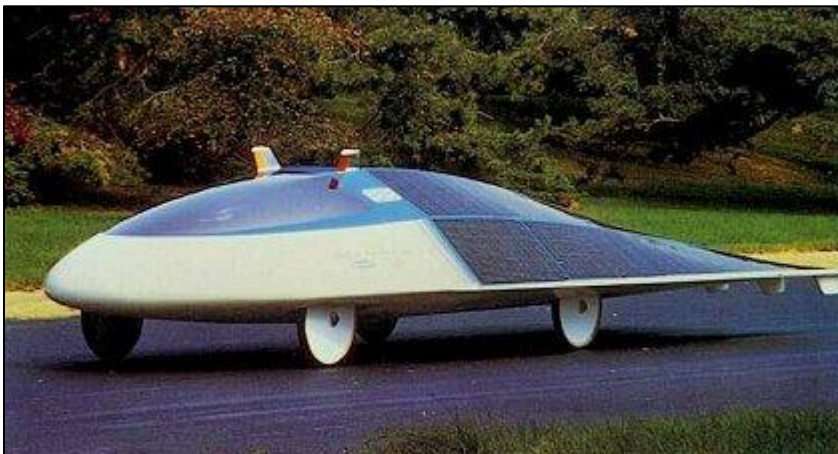


Slika 4.2.1.: Solarno vozilo na cilju 1987.godine [43]



Nakon *Tour se Sol* utrke, održano je mnogo sličnih utrka u Sad-u, Europi i Australiji. Najpoznatija je svakako *World Solar Challenge*. Ideju je osmislio Hans Tholstrup nakon izuma vlastitog solarnog automobila *Quiet Achiever* u suradnji s Larryjem Perkinsom i nakon što su njime prešli udaljenost od Perthu do Sydneyja u Australiji. Nakon uspješnog putovanja Tholstrup je osmislio utrku solarnih automobila, a 1987.godine je održana prva utrka naziva „*World Solar Challenge*“ u kojoj je pobijedilo vozilo *Sunracer* koje je postiglo brzinu od 67 km/h. U početku se održavala svake tri godine, a od 1999. godine se održava svake dvije godine. Utrka se održava ponajprije radi razvoja automobilske industrije, a osobito razvoja tehnologije koja upotrebljava obnovljive izvore energije.

Utrka se održava dionicom dugom 3012 km s početkom u Darwinu, a završetkom u Adelaidu. Vrijeme se računa samo tokom dana od 8 do 17 sati, a noću je stanka. U utrci uglavnom sudjeluju sveučilišta, no sudionici su i srednje škole i oni koje financiraju privatna poduzeća. Zadnji put je održana 2013.godine u kojoj je sudjelovalo 40 timova iz 23 zemlje. Utrka je najavljena i ove godine i to u razdoblju od 18. do 25. listopada. U utrci bi moglo sudjelovati i solarno vozilo Elektrotehničkog fakulteta u Osijeku snage do 10 kW s ugrađenim ćelijama koje će puniti akumulator. [43]



Slika 4.2.2.: *Sunracer*, pobjedničko vozilo 1987.godine [44]

Osim daljinskih utrka, postoje i brzinske, no vozila koja sudjeluju u ovakvim utrkama ne koriste baterije i slične uređaje za pohranu energije. Najčešće se natjecatelji utrkuju jedan protiv drugog na udaljenosti od 0.25 km na ravnoj stazi. Brzinske utrke se trenutno održavaju svake godine subotom najbližoj ljetnom solsticiju u gradu Wenatchee u Washingtonu. [43]

## 5. ZAKLJUČAK

Živimo u ubrzanom svijetu u kojem nam je cilj što prije doći do nekog mjesta ili obaviti neki posao koristeći se sredstvima koja nam to i omogućuju. Pritom malo tko razmišlja kakav to zapravo utjecaj ima na nas i našu okolinu.

U ovom radu sam prikazala neke od oblika iskorištenja besplatne energije koja nam je dostupna bilo kada i u bilo koje vrijeme- energije Sunca. Polazeći od samog toplinskog sustava koji nam omogućava korištenje potrošne tople vode, grijanja ili hlađenja bez zagađivanja okoliša i ovisnosti o teško dostupnim i skupim oblicima energije. Također se pomoću solarne energije, točnije fotonaponskih sustava, može proizvoditi vlastita struja pa čak i prodavati višak, opet bez ovisnosti i visokih cijena dobivene energije. Ono što je uloženo u samu izradu solarnih toplinskih i fotonaponskih sustava vrlo brzo se isplati pa čak i dodatno zaradi.

Kako bi zaštitili okoliš, moramo što više iskorištavati i poticati upotrebu ekološke tehnologije. Automobili su vrlo zastupljeni u prometu, pa bi ključno rješenje bilo početi upravo od njih. Razvoj električnih automobila napreduje, potiče se njihova upotreba, a razvijaju se novije tehnologije pomoću kojih mogu prijeći veće udaljenosti, postići veće brzine i pritom ne utjecati na njihovu masu i veličinu. Trenutno su električni automobili skupi, najviše zbog cijene baterija i manjka punionica, no i taj problem bi se brzo riješio kada bi se povećala njihova upotreba. Ekološka osviještenost je vrlo bitna, stoga nešto veća cijena električnog vozila ne bi trebala biti prepreka njihovoj upotrebi jer emitiraju nula ispušnih plinova, a vožnja njima je puno jeftinija od vožnje benzinskim automobilima.

Također se primjenjuju i vozila pokretana samom energijom Sunca, automobili zasad samo u utrka, dok se pojedina vozila već koriste u komercijalne svrhe. Na kraćim putovanjima Sunčevi automobili su idealna vozila današnjice, pokretana čistom energijom Sunca, bez imalo ekološki štetnih karakteristika.

## 6. LITERATURA

- [1] [http://www.izvorienergije.com/obnovljivi\\_izvori\\_energije.html](http://www.izvorienergije.com/obnovljivi_izvori_energije.html)
- [2] [http://www.solarni-paneli.hr/pdf/01\\_handbook\\_fotonapon.pdf](http://www.solarni-paneli.hr/pdf/01_handbook_fotonapon.pdf)
- [3] <http://www.obnovljivi.com/energija-sunca/53-moderni-nacini-pretvorbe-energije-sunca-u-elektricnu-energiju-fotonapon>
- [4] <http://proentaris.hr/files/clanci/Energetska%20u%20E8inkovitost%20i%20obnovljivi%20izvori%20energije.pdf>
- [5] [https://www.fer.unizg.hr/\\_download/repository/Kvalifikacijski\\_doktorski\\_Robic.pdf](https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/Kvalifikacijski_doktorski_Robic.pdf)
- [6] Ljubomir Majdandžić: *Solarni sustavi*
- [7] <http://www.domgradnja.com/pocetna/clanci/montazne-niskoenergetske-i-pasiv>
- [8] <http://www.solarno.hr/katalog/proizvod/kolektori/vrste-solarnih-kolektora>
- [9] <http://www.tedeko.me/solarnisistemisaprisilnomcirkulacijom.html>
- [10] <http://www.zelenaenergija.org/clanak/sto-je-to-solarni-termosifon-sustav/4417>
- [11] [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e7/Fotoelektricna\\_konverzija\\_PN\\_spoju.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e7/Fotoelektricna_konverzija_PN_spoju.jpg)
- [12] <http://solar4living.com/solarBasics.htm>
- [13] <http://www.fueleconomy.gov/feg/evtech.shtml>
- [14] <http://www.autonastruju.com/elauto.php>
- [15] <http://www.autonastruju.com/>
- [16] <http://www.electasol.hr/povijest/index.html>
- [17] [http://hr.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dni\\_automobil](http://hr.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dni_automobil)
- [18] <http://drumtidam.info/eko-i-etno/zanimljivosti/2199-najbolji-elektrini-automobil-dananjice-tesla-roadster>
- [19] <http://www.privatefleet.com.au/car-reviews/mitsubishi/mitsubishi-imiev/>
- [20] <http://www.nissan.com.au/Cars-Vehicles/LEAF/Overview>
- [21] <http://www.automotoportal.hr/2011/12/01/honda-ev-ster-novi-elektricni-sportski-dvosjed-predstavljen-u-tokiju-foto/>
- [22] <http://www.autoblog.com/photos/2012-fisker-karma-first-drive/>

- [23] [http://en.wikipedia.org/wiki/BMW\\_i3](http://en.wikipedia.org/wiki/BMW_i3)
- [24] M. Stojkov, D. Gašparović, D. Pelin, H. Glavaš, K. Hornung, N. Mikulandra: *Električni automobil - povijest razvoja i sastavni dijelovi*
- [25] Stjepan Golubić: *Elektromehanički pretvarači*
- [26] <http://www.kako.hr/clanak/kako-radi-elektricni-motor-rad-elektricnog-motora-39.html>
- [27] <http://www.jutarnji.hr/-uspio-sam--ispovijest-vlasnika-dockinga-koji-krece-u-serijsku-proizvodnju-prvog-hrvatskog-elektricnog-auta-/1080207/>
- [28] <http://www.jutarnji.hr/ja-sam-mate-rimac--imam-22-godine--a-ispod-plahte-krijem-najbrzi-elektricni-auto-na-svijetu/881568/>
- [29] <http://greenergo.blogspot.com/>
- [30] <http://www.jutarnji.hr/nikola-tesla-ev-rally-croatia-2014/1192610/>
- [31] <http://www.poslovni.hr/hrvatska/za-kupnju-elektricnog-auta-drzava-ce-vam-isplatiti-70000-kuna-poticaja-265948>
- [32] <http://www.cro-ponuda.eu/clanci/opsirnije/55/dokingov-elektricni-automobil-loox/>
- [33] <http://im-mining.com/2011/11/30/dok-ing-develops-new-battery-powered-ulp-dozer/>
- [34] <http://www.carnewscafe.com/2014/06/rimac-concept-one-electric-super-performance/>
- [35] <http://www.vecernji.hr/techno/sve-tajne-koje-rimac-concept-one-cine-superautomobilom-532704>
- [36] [http://hr.wikipedia.org/wiki/Sun%C4%8Devo\\_vozilo](http://hr.wikipedia.org/wiki/Sun%C4%8Devo_vozilo)
- [37] <http://www.slobodnadalmacija.hr/Zadar/tabid/73/articleType/ArticleView/articleId/209167/Default.aspx>
- [38] <http://danas.net.hr/znanost/bicikl-na-solarni-pogon>
- [39] <http://www.vecernji.hr/zanimljivosti/krenuo-prvi-vlak-u-europi-koji-koristi-suncevu-energiju-297544>
- [40] <http://dnevnik.hr/vijesti/tech/preletio-2-000-km-solar-impulse-sletio-u-madrid.html>
- [41] [http://www.dubrovniknet.hr/novost.php?id=32447#.VNqCYfmG\\_6I](http://www.dubrovniknet.hr/novost.php?id=32447#.VNqCYfmG_6I)
- [42] <http://www.energy-today.biz/en/history-reminder-first-solar-car/>
- [43] [http://hr.wikipedia.org/wiki/Utrke\\_sun%C4%8Devih\\_automobila](http://hr.wikipedia.org/wiki/Utrke_sun%C4%8Devih_automobila)
- [44] [http://www.carstyling.ru/en/car/1987\\_gm\\_sunraycer/images/](http://www.carstyling.ru/en/car/1987_gm_sunraycer/images/)

## 7. POPIS SLIKA

Slika 1.1.: Godišnje sunčevo zračenje na površini Zemlje u usporedbi sa zalihama fosilnih i nuklearnih goriva i godišnjom potrošnjom energije u svijetu

Slika 2.1.: Prosječna godišnja osunčanost Europskih zemalja

Slika 2.2.: Primjer pasivnog korištenja Sunčeve energije u arhitekturi

Slika 2.2.1.: Shema solarnog sustava za pripremu potrošne tople vode

Slika 2.2.1.1.: Presjek pločastog solarnog kolektora

Slika 2.2.3.: Vakuumski kolektor

Slika 2.2.2.1.: Presjek spremnika tople vode

Slika 2.2.3.1.: Otvoreni i zatvoreni termosifonski sustav

Slika 2.3.1.: Solarne ćelije i njene izvedbe

Slika 2.3.2.: PN spoj, princip rada solarnih ćelija

Slika 3.1.1.: Prvi električni automobil (kočija)

Slika 3.1.2.: *Lohner-Porsche*

Slika 3.1.3.: General Motors EV1

Slika 3.1.4.: Tesla Roadster

Slika 3.1.5.: Li-ion baterije modela Tesla Roadster

Slika 3.1.1.1.: Mitsubishi i-MiEV

Slika 3.1.1.2.: Nissan Leaf

Slika 3.1.1.3.: Honda EV-STER

Slika 3.1.1.4.: Fisker Karma

Slika 3.1.1.5.: BMW i3

Slika 3.2.1.1.: Pojednostavljeni prikaz rada istosmjernog stroja

Slika 3.2.1.2.: Pravilo lijeve ruke

Slika 3.2.2.1.: Izmjenični elektromotor

Slika 3.3.1.: DOK-ING Loox

Slika 3.3.2.: Concept One EV

Slika 3.3.3.: Izvedba punionice kao solarne nadstrešnice

Slika 3.3.1.1.: Unutrašnjost Loox-a

Slika 3.3.1.2.: Tehnički podaci DOK-ING Loox-a

Slika 3.3.2.1.: XLP Diesel Dozer

Slika 3.3.2.2.: Nacrt ULP dozera

Slika 3.3.3.1.: Unutrašnjost Concept One EV-a

Slika 4.1.: Zadarski učenici i njihovo Sunčevo vozilo

Slika 4.1.1.: Sunčev bicikl

Slika 4.2.: Solarne ćelije iznad tunela

Slika 4.3.: *Solar Impulse*

Slika 4.4.: *Planet Solar*

Slika 4.1.1.: Prvi solarni automobil *Sunmobile*

Slika 4.1.2.: *Baker* vozilo

Slika 4.2.1.: Solarno vozilo na cilju 1987.godine

Slika 4.2.2.: *Sunrayer*, pobjedničko vozilo 1987.godine