

UNIVERZA V MARIBORU  
FAKULTETA ZA NARAVOSLOVJE IN MATEMATIKO  
ODDELEK ZA TEHNIKO

# DIPLOMSKO DELO

Petra Ramšak Drozg

Maribor, 2016

UNIVERZA V MARIBORU  
FAKULTETA ZA NARAVOSLOVJE IN MATEMATIKO  
ODDELEK ZA TEHNIKO

Diplomsko delo

**SKLADIŠČENJE ELEKTRIČNE ENERGIJE Z  
ALTERNATIVNIM VIROM – S SONCEM**

Mentor:

Dr. Boris Aberšek,

redni profesor

Kandidatka:

Petra Ramšak Drozg

Maribor, 2016

## ZAHVALA

Zahvala gre mentorju, dr. Borisu Aberšku, ki me je ves čas spremljal in spodbujal in mi pomagal, na moji dolgotrajni poti pisanja diplome. Iskreno se Vam zahvaljujem za pomoč, potrpežljivost in spodbudne misli pri nastajanju dela.

Iskrana hvala staršem, možu, sinovoma in prijateljem, ki so vztrajno čakali moj dosežek. Hvala, ker so podpirali in spodbujali ter kakorkoli pripomogli k mojemu uspehu.

UNIVERZA V MARIBORU

FAKULTETA ZA NARAVOSLOVJE IN MATEMATIKO

IZJAVA

Podpisana Petra Ramšak Drozg, rojena 6. Avgusta 1978, študentka Fakultete za naravoslovje in matematiko Univerze v Mariboru, študijskega programa matematika in tehnika, izjavljam, da je diplomsko delo po naslovom

SKLADIŠČENJE ELEKTRIČNE ENERGIJE Z ALTERNATIVNIM VIROM – S SONCEM

Pri mentorju dr. prof. Borisu Aberšku avtorsko delo. V diplomskem delu so uporabljeni viri in literatura korektno navedeni; teksti niso uporabljeni brez navedbe avtorjev.

Maribor, 4. Maj 2016

Petra Ramšak Drozg

RAMŠAK DROZG, P.: Skladiščenje električne energije z alternativnim virom – s soncem.

Diplomsko delo, Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za tehniko, 2016.

## POVZETEK

Diplomska naloga zajema v prvem poglavju osnovne poudarke in teorijo o električni in sončni energiji. V drugem poglavju pa so predstavljena navodila za izdelavo avtomobilčka na sončne celice, ki naj bi služil kot pripomoček učila za učence osnovnih šol pri predmetu tehnična vzgoja, naravoslovje in fizika. Za to temo sem se odločila, da bi z njo povečala nazornost učnih vsebin, povezanih z energetiko, saj pri tem lahko ustvarjalno povezujemo naravoslovna in tehnična znanja s prakso. Učencem poskušam predstaviti skladiščenje električne energije s pomočjo sončnih celic z uporabo didaktičnih sestavljanek Fischertechnik in izdelavo ogrodja avtomobilčka, torej na način, ki bo učencem zanimiv ter hkrati praktičen. Končni namen naloge je pridobiti neke vrste pripomoček, s katerim lahko učenec pridobi informacije in znanja ter, če želi, nadgradi svoje znanje.

Ključne besede: električna energija, sončna energija, skladiščenje električne energije, avtomobilček na sončne celice.

RAMŠAK DROZG, P.: Alternative sources for electricity storage - sun

Graduation Thesis, University of Maribor, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Department of Technik, 2016.

## SUMMARY

The following dissertation focuses in the first chapter on the emphasis and theory of electrical and sun energy. In the second chapter instructions for assembly of a solar cell driven vehicle are presented. The vehicle should serve as a teaching tool for children in primary schools for the subjects of technical and natural science as well as physics. I have chosen this subject to intensify the visual instruction of the contents related to energetics. This can be a creative way to connect natural science and technical knowledge with practical work. With the help of Fischertechnik didactic puzzles i.e. by constructing a framework of a vehicle I want to show the students how to store the electric energy using solar cells, and so making the learning process both interesting to students and useful. The final goal of this dissertation is to obtain a kind of teaching/learning tool with which a student can gain new information and knowledge, or according to individual wishes this knowledge can be upgraded.

Key words: electrical energy, sun energy, electrical energy storage, a vehicle driven by solar cells

# KAZALO

1. UVOD .....	1
2. PRVO POGLAVJE .....	2
2.1 ELEKTRIČNA ENERGIJA .....	2
2.2 KONVENCIONALNO PRIDOBIVANJE ELEKTRIČNE ENERGIJE .....	2
2.2.1 Termoelektrarne in akumulacija .....	3
2.2.2 Hidroelektrarne in akumulacija .....	4
2.2.3 Jedrske elektrarne in akumulacija .....	5
2.3 SONCE KOT ALTERNATIVNO PRIDOBIVANJE ELEKTRIČNE ENERGIJE .....	5
2.3.1 Sončno sevanje .....	6
2.3.2 Navidezno gibanje Sonca .....	7
2.4 SONČNA ENERGIJA .....	8
2.4.1 Pridobivanje toplote .....	8
2.4.2 Pridobivanje vodika .....	10
2.4.3 Neposredno pridobivanje električne energije .....	11
2.5 SONČNE ELEKTRARNE .....	12
2.5.1 Primer sončne elektrarne v Sloveniji .....	12
2.6 SONČNE CELICE .....	13
2.6.1 Delovanje sončne celice .....	15
2.6.2 Fotovoltaika .....	15
2.6.3 Cena in izkoristek sončne energije .....	16
2.6.4 Sončna energija prijazna za okolje .....	17
2.7 SHRANJEVANJE ELEKTRIČNE ENERGIJE .....	17
2.7.1 Galvanski členi .....	18
2.7.2 Akumulatorji .....	19
2.7.3 Gorilni elementi .....	20
2.7.4 Kondenzatorji .....	21
2.7.5 Superkondenzatorji .....	22
2.7.6 Alternativni viri in akumulacija .....	24
3. DRUGO POGLAVJE .....	25
3.1 ELEKTRIČNI POGONSKI SISTEM .....	25
3.1.1 Prednosti električnih vozil .....	26

3.1.2 Slabosti električnih vozil .....	26
3.1.3 Vzpon električnih vozil .....	27
3.1.4 Superkondenzator v avtomobilčku .....	27
3.2 SONČNE CELICE PRI AVTOMOBILČKU .....	28
3.2.1 Shranjevanje električne energije .....	29
3.2.2 Polnjenje superkondenzatorja gold cup .....	29
3.3 POSTOPEK IZDELAVE AVTOMOBILČKA .....	30
3.3.1 Ideja .....	31
3.3.2 Presoja .....	31
3.3.3 Izbira in odločitev .....	31
3.3.4 Izdelava .....	33
3.3.5 Vrednotenje .....	33
3.3.6 Racionalizacija .....	35
3.4 TEHNIŠKA IN TEHNOLOŠKA DOKUMENTACIJA.....	36
3.5 ZAKLJUČEK IZDELAVE.....	44
4. SKLEP.....	45
5. VIRI.....	46



# 1. UVOD

Za proizvodnjo električne energije se v Sloveniji uporabljajo različne oblike energentov oziroma virov. Največ električne energije se še vedno proizvaja v konvencionalnih elektrarnah (termoelektrarne, hidroelektrarne in jedrske elektrarne). Te so zaradi uporabe fosilnih goriv velike onesnaževalke okolja. Zaradi zaskrbljujočih posledic uporabe fosilnih goriv je potrebno za proizvodnjo električne energije poiskati rešitve, ki ne bodo onesnaževale okolja, kot je npr. uporaba obnovljivih virov energije.

Primer takega vira je sončna energija, ki pa ni vedno na razpolago. Zato se nam zastavlja vprašanje, kako skladiščiti električno energijo, tako da omogočimo uporabo vsakomur, kadarkoli in s čimmanjšimi negativnimi vplivi na okolje.

Prav tako nas tudi vse manjše zaloge in vse večja poraba fosilnih goriv silijo v iskanje novih alternativnih virov energije in sončna energija je ena izmed možnih rešitev. Ponekod so že zgrajene sončne elektrarne manjših moči in za manjši krog porabnikov. Težave pri izkoriščanju sončne energije nastajajo zaradi majhne sevalne moči Sonca na površino Zemlje zaradi dnevnega in letnega gibanja Sonca in zaradi oblačnosti. Sončne elektrarne lahko gradimo le v krajih, ki imajo veliko letno povprečje sončnih dni. Vemo, da sončne energije ne moremo skladiščiti neposredno, lahko pa si pomagamo s sončnimi celicami, baterijami, akumulatorji, gorivnimi celicami in superkondenzatorji.

## 2. PRVO POGlavJE

V nadaljevanju bom opisala električno energijo, konvencionalno pridobivanje električne energije, alternativno pridobivanje električne energije, sončne elektrarne, sončne celice in shranjevanje električne energije z baterijami oziroma galvanskimi členi, akumulatorji, gorilnimi elementi, kondenzatorji in superkondenzatorji.

### 2.1 ELEKTRIČNA ENERGIJA

Elektrika je nevidna oblika energije in je med najbolj uporabnimi energijami. Nastane zaradi gibanja nabitih delcev, ko eden od elektronov skoči v drug atom. Povzročitelj tega je lahko magnetno polje v generatorju, kemične snovi v akumulatorju ali pa trenje. Do naših domov priteka po žicah. V druge oblike energije jo zlahka spreminjamo, na primer v toploto ali svetlobo. Lahko jo shranimo v baterije. Električna energija je danes vsekakor nepogrešljiva.

Elektrika iz elektrarn potuje prek transformatorjev, ki glede na potrebe distribucije zvišujejo ali znižujejo napetost. Električno omrežje je zelo obsežno.

Neposredno električne energije ne moremo skladiščiti. Skladiščimo pa jo lahko v obliki kemične energije v akumulatorjih in na druge načine, ki sem jih opisala v poglavju Shranjevanje električne energije. Akumulatorji, kot na primer tisti v avtomobilih, skladiščijo elektriko in jih lahko ponovno napolnimo. So torej pogost sestavni del električnih aparatov, zlasti prenosnih in vozil.

### 2.2 KONVENCIONALNO PRIDOBIVANJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Proizvodnjo električne energije razumemo kot pretvorbo drugih vrst energije v električno. Kako pridobivamo električno energijo, je opisano v nadaljevanju.

Elektrarne so velike zgradbe, v katerih so generatorji, stroji, ki jih poganjajo, transformatorji in sistemi za preklapljanje.

Najbolj pogoste elektrarne, ki se uporabljajo v tem procesu pridobivanja električne energije, poznamo: TERMOELEKTRARNE, v katerih se kemična energija premoga, zemeljskega plina ali energije atomov pretvarja v toplotno, ki jo potem s čimboljšim izkoristkom pretvorimo v električno; HIDROELEKTRARNE, v katerih voda poganja turbine; JEDRSKE ELEKTRARNE, v katerih jedrski reaktorji proizvajajo električno energijo; PLINSKE ELEKTRARNE, v katerih turbine poganjajo vroči plini, ki nastanejo pri izgorevanju plina ali tekočih goriv.

Osnovna naloga elektrarn je, da proizvajajo električno energijo in to toliko, kot jo zahtevajo potrošniki. Ker ne obstaja možnost skladiščenja večjih količin električne energije, mora biti proizvodnja v vsakem trenutku enaka povpraševanju. Da se to doseže, je elektrarne potrebno tako dimenzionirati in tudi izkoriščati. Tudi zaradi tega se danes elektrarne zelo redko gradijo kot izolirani objekt. Vključujejo se v elektroenergetski sistem, ki poleg večjega števila elektrarn obsega še razdelilne postaje za delitev in transformacijo električne energije, vodnike za prenos in razdelitev električne energije ter na koncu objektov, naprav in strojev, v katerih se električna energija pri porabniku znova pretvarja v tisto obliko energije, ki jo le-ta potrebuje (toploto, mehansko energijo, kemijsko energijo ali svetlobo). Vsi deli energetskega sistema morajo biti usklajeni tako, da zagotovijo oskrbo potrošnika z električno energijo določene napetosti, frekvence na kvaliteten in najbolj ekonomičen način.

### **2.2.1 Termoelektrarne in akumulacija**

Termoelektrarne se imenujejo objekti, v katerih se toplota pretvarja v mehansko energijo, ta pa v električno, ne glede na to, ali se koristna toplota pridobiva z zgorevanjem fosilnih ali drugih goriv, s toploto geotermičnih izvorov ali toploto, pridobljeno z jedrsko fuzijo.

Glede na vrsto uporabljenih strojev ločimo:

- parne termoelektrarne, v katerih gorivo (trdno, tekoče ali plinasto) izgoreva v parnih kotlih, pogonski stroj pa je parna turbina;
- termoelektrarne s plinskimi turbinami, kjer je pogonski stroj plinska turbina (tekoča ali plinasta goriva);
- jedrske termoelektrarne, v katerih jedrski reaktor (z ali brez izmenjevalca toplote) prevzema vlogo kotla. Pogonski stroj je tudi parna turbina;
- geotermične termoelektrarne, v katerih se para iz zemlje neposredno ali posredno (preko izmenjevalca toplote) uporablja za pogon parne turbine.

Za vse naštetu velja, da lahko akumuliramo samo različna goriva.

### **2.2.2 Hidroelektrarne in akumulacija**

Hidroelektrarne so objekti, v katerih se potencialna energija vode pretvarja s pomočjo vodnih in električnih generatorjev v električno energijo. Poznamo šest osnovnih tipov hidroelektrarn: hidroelektrarna ob jezeru, derivacijske hidroelektrarne, pretočne hidroelektrarne, elektrarne na plimo in oseko ter akumulacijske hidroelektrarne oziroma prečrpalne akumulacijske hidroelektrarne. Te zadnje so še posebej zanimive, ločimo pa jih po dnevni, sezonski ali letni akumulaciji.

Prečrpalne akumulacijske hidroelektrarne so objekti, ki za proizvodnjo električne energije uporabljajo vodo, ki je s prečrpavanjem spravljena v akumulacijsko jezero. Ločimo dva načina prečrpavanja. V enem primeru se voda črpa ponoči ter pri tem izkorišča energijo pretočnih hidroelektrarn ali termoelektrarn. V drugem primeru pa se voda prečrpava v deževnem obdobju, ko je dovolj električne energije, ter se koristi v sušnem obdobju.

### 2.2.3 Jedrske elektrarne in akumulacija

Z izrazom moč atomov si predstavljamo kontrolirano sproščanje izredno zgoščenega vira energije – energije atomskih jeder. Ko razbijemo jedra težkih atomov v procesu, ki ga imenujemo cepitev ali fisija, se naenkrat sprostijo ogromne množine energije. Če ta proces ustrezno upočasnimo in kontroliramo v jedrskem reaktorju, lahko s sproščeno toploto segrejemo vodo oziroma dobimo paro, ki poganja turbino in generator električnega toka. Tako je pravzaprav načelo delovanja elektrarne na jedrski pogon enako načelu delovanja termoelektrarne.

Akumuliramo lahko samo gorivo (uran).

## 2.3 SONCE KOT ALTERNATIVNO PRIDOBIVANJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Električno energijo lahko pridobivamo tudi z alternativnimi viri energije. Med te sodijo veter, sonce, plima in oseka, vodik itn.

V nadaljevanju bom predstavila energijo Sonca, kot meni najbolj zanimivo energijo. Sonce je vir življenja in energije. Je ena številnih zvezd v naši galaksiji. Njen premer je 1.393.000 km, oddaljenost od Zemlje pa 150.000.000 km. Ocenjuje se, da je temperatura v notranjosti sonca približno 15.000.000 °C. Imenujemo ga krogla vročega plina, večinoma vodika in helija. V sončevem jedru zaradi visokih temperatur in pritiskov nastajajo jedrske reakcije, kjer se vodik spreminja v helij. Pri tem se sproščajo ogromne količine energije.

Sonce je praktično neizčrpen vir obnovljive energije. Čist in donosen vir, ki nam lahko zagotovi pomemben del energije za naše potrebe. Energija, ki jo sonce seva na Zemljo, je mnogokrat večja od energije, kot jo porabi človek. To je energija, ki se obnavlja, je prijazna za okolje hkrati pa še brezplačna. Zato bi morali izkoriščati to energijo v največjem možnem obsegu. Sončno energijo že uporabljamo za ogrevanje prostorov, vode, ogrevanje bazenov in za proizvodnjo električne energije (osvetljevanje, hišni

uporabniki ...). Še več pa bi jo lahko uporabljali v avtomobilski industriji. Pri tem pa se pojavijo določeni tehnični in investicijski problemi. Kakorkoli, sončna energija je energija prihodnosti. Njeno uveljavitev pa ovira le draga cena v primerjavi s konvencionalnimi viri energije.

Energija, ki nastane v notranjosti Sonca, se prenaša na njihovo površino, od tam pa seva v vesolje. Sončna površina sestoji iz fotosfere, kromosfere in korone.

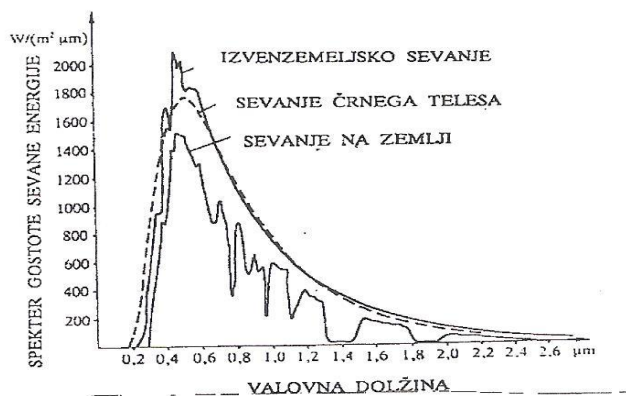
Fotosfera je sestavljena iz nehomogenih ioniziranih plinov male gostote. Iz nje seva svetloba v vesolje. Temperatura v njej je približno 5800 K.

Nad njo je kromosfera, v glavnem sestavljena iz vodika in helija. Tu je temperatura nekajkrat večja kot v fotosferi.

Najvišje je korona, kjer se nahajajo ionizirani plini male gostote in temperature nekajkrat večje kot v fotosferi. Ta plast se postopoma izgublja v vesolju.

### **2.3.1 Sončno sevanje**

Narava izkorišča sončno sevanje že od samega začetka. Pretvorba energije se zgodi ob vpadu sončnega sevanja na sprejemnik (sončni kolektor, sončne celice). Moč sončnega sevanja znaša približno  $3,8 \times 10^{23}$  KW. To odgovarja letni sevalni energiji, ki je  $3,3 \times 10^{27}$  kWh. Od tega prispe na Zemljo približno  $1,7 \times 10^4$  kW oziroma na leto  $1,5 \times 10^{18}$  kWh. Maksimalna vrednost se nahaja pri valovni dolžini približno  $0,48 \mu\text{m}$ . Porazdelitev fotonov glede na njihovo energijo oziroma valovno dolžino imenujemo sončni spekter, ki daje spektralno gostoto sevanja (Slika 1).



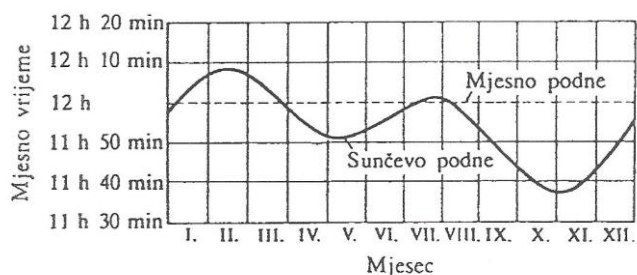
Slika 1: Spektar sončnega sevanja (Aberšek,1999,47)

Spektar sončnega sevanja je sestavljen iz:

- ultravioletnega dela, ki znaša približno 8 % celotne energije;
- vidnega dela, to je približno 45 % energije, in
- infrardečega dela, ki je približno 47 %. (Aberšek, 1999)

### 2.3.2 Navidezno gibanje Sonca

Zemlja se giblje okoli Sonca. Za opazovanje energijskega izkoriščanja sončnega sevanja je ugodneje upoštevati navidezno gibanje Sonca z ozirom na nepremično površino Zemlje. Tako se iz lokalnega časa izračuna sončni čas, kar je odvisno od zemljepisne dolžine, časovnega področja opazovanega kraja in korekcijskega faktorja. Na spodnji sliki je prikazana približna razlika med lokalnim in sončnim opoldnevom za naše področje. (Aberšek,1999).



Slika 2: Razlika med lokalnim in sončnim poldnevom (Aberšek,1999,49)

## 2.4 SONČNA ENERGIJA

Načine izrabe sončne energije lahko razdelimo na pridobivanje toplote (ogrevanje na različno visoke temperature, uporabljamo sončne kolektorje), pridobivanje vodika in neposredno pridobivanje električne energije.

### 2.4.1 Pridobivanje toplote

Pridobivanje toplote razdelimo glede na temperaturno območje:

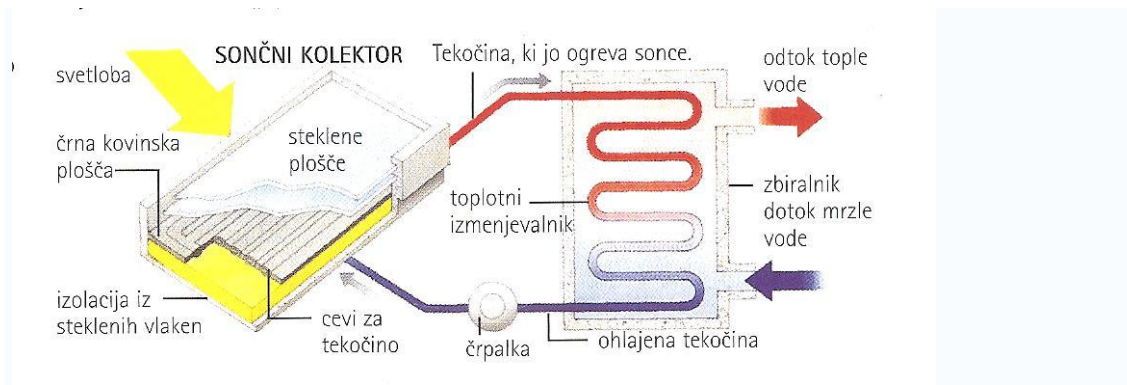
#### (1) Pridobivanje toplote nizkih temperatur

V tem temperaturnem območju segrevamo s sončno energijo vodo za gospodinjstvo in prostore, uporabljamo za sušenje živil itd. Za segrevanje vode uporabljamo tako imenovane sončne kolektorje, korita s počrnjenim dnom, ki jih pokriva steklo in jih obseva sonce. Te naprave so primerne samo za področja, kjer ima sonce visok kot. (Aberšek, 1999).

#### SONČNI KOLEKTOR

Za pretvorbo sončne energije v toploto poznamo najenostavnejšo in najvažnejšo napravo za ogrevanje vode in prostorov. Sončno sevanje prodira v kolektor skozi eno ali dve prozorni, največkrat stekleni plošči, kjer se absorbira v absorberju. Največkrat se nameščajo na strehe zgradb, obrnjenih proti jugu. Kot nagiba kolektorja je potrebno izbrati tako, da bo ta najbolje deloval. Za naše zemljepisno področje se priporoča kot od  $40^\circ$  do  $45^\circ$ . Pri večjih kotih je izkoristek boljši pozimi, pri manjših pa poleti.





Slika 3: Sončni kolektor (VOEZV, PD, 348)

Absorber je kovinska plošča, na katero je nameščena črna plast snovi z visokim faktorjem absorpcije sončnega sevanja. Absorbirana energija sevanja se pretvarja v notranjo toplotno energijo, zaradi česar se plošča absorberja segreje na 50-100 °C. V absorberju se nahaja tudi snop cevi, skozi katere teče delovni fluid (največkrat voda), na katerega prehaja absorbirana energija kot toplota. Vsi ti deli so nameščeni v kovinskem ohišju, ki je toplotno izoliran s spodnje in bočne strani.

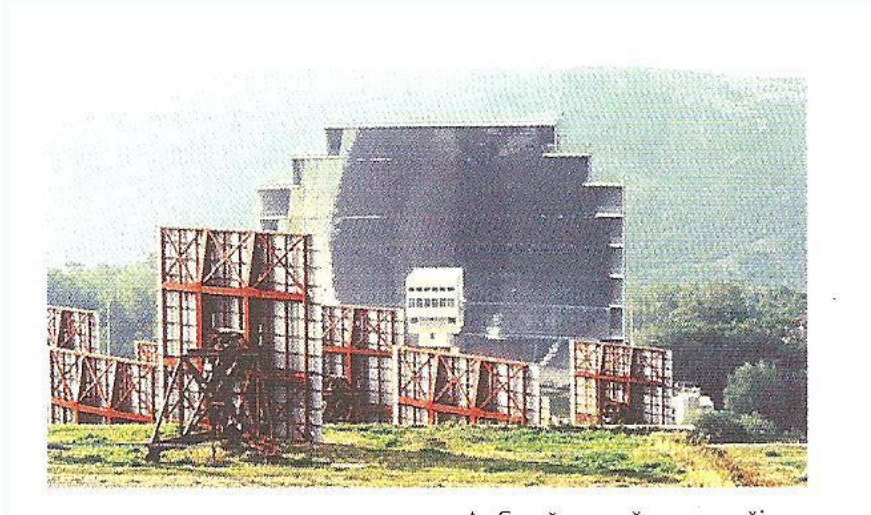
Zaradi svojih lastnosti je najprimernejši material za izdelavo kolektorjev steklo. Največkrat se uporablja debeline od 3 do 5 mm. Prepustno je skoraj za celotni sončni spekter in neprepustno za infrardeče žarke. Slednje oddaja segreti absorber. Tako sproščena toplota torej ostane v kolektorju. (Aberšek,1999).

## (2) Pridobivanje toplote višjih temperatur

Te temperature lahko dosežemo s cilindričnimi ali paraboličnimi zrcali. Tako so izdelali že več zaprtih peči (sončne peči). Nekatere od teh naprav so opremljene s toplotnimi zbiralniki, tako da jih uporabljamo lahko tudi v oblačnih dneh.

## SONČNA PEČ

Sončni žarki padajo na ravno ogledalo (heliostat), ki sledi dnevnemu gibanju sonca in oddaja žarke paraboličnemu ogledalu. Te žarke koncentrira (fokusira) v gorišče in tako doseže temperature do 3000 °C.



Slika 4: Sončna peč (VOEZV, PD, 348)

S paraboličnimi zrcali lahko zelo močno koncentriramo sevalno energijo Sonca (do 20.000-krat) in dosežemo temperature do 3000 °C. Tako lahko opravljamo razna keramična in metalurška dela, pri katerih potrebujemo hitro in zelo izdatno dobavo toplotne energije. Ploska zrcala se obračajo proti soncu s hidravličnimi napravami. Te naprave obračajo in krmilijo fotocelice. (Aberšek,1999).

### 2.4.2 Pridobivanje vodika

S proizvodnjo vodika bi lahko ustvarili še boljše izkoriščanje sončne energije, ki bi se akumulirala v večjih količinah. Proizvaja se z elektrolizo vode v posebnih solarnih elektrarnah. Tako proizveden vodik bi se lahko skladiščil v plinastem stanju v podzemlju (npr. v izčrpanih nahajališčih naravnega plina) ali v utekočinjenem stanju v posebnih rezervoarjih.

Lahko bi rekli, da je vodik idealno gorivo za gretje prostorov, saj se pri izgorovanju proizvaja le vodna para, za katero pa ne potrebujemo dimnikov. Uporablja se lahko

tudi kot gorivo za gorilne elemente, s pomočjo katerih se proizvaja električna energija (hladilni postopek). V termoelektrarnah se uporablja kot gorivo v parnih kotlih za proizvodnjo električne energije. Ima zelo dobro lastnost za okolje, je namreč izredno čisto, saj ne onesnažuje okolja. (Aberšek,1999).

### **2.4.3 Neposredno pridobivanje električne energije**

Sončno energijo neposredno pretvarjamo v električno s termoelementi in s fotocelicami.

- a) TERMOELEMENTI delujejo po načelu termoelektričnosti. To je sklenjen krog, sestavljen iz dveh različnih, medsebojno spojenih kovin, ki povzročata napetost, kadar je temperatura na spojnih mestih različna. Sončno sevanje ogreva enega od obeh stikov. Zaradi večje moči nedeljivo povežemo več termoelementov v termoelektrično verigo. Izkoristek znaša okoli 2 odstotka.
  
- b) FOTOCELICE pretvarjajo sončno (svetlobno) energijo neposredno v električno, ne da bi se vmes pretvarjala v toploto. Selenske fotocelice, ki jih uporabljamo v fotografskih aparatih, pretvarjajo svetlobo neposredno v električni tok. Ti tokovi so zelo majhni in izkoristek znaša samo okoli 2 odstotka. Sodobne silicijeve celice dosegajo 15-odstotni izkoristek. Premer posamezne celice je od 2 do 3 centimetrov in jih vežemo v sončne baterije. Te celice so drage, zato jih uporabljamo le za posebne primere v satelitih, na samotnih svetilnikih in tudi v telefonskih in radijskih relejnih postajah. Ker sončne energije ni vedno in povsod dovolj, priklopimo celice tudi na akumulator. Sončno sevanje se lahko s kemičnim postopkom pretvarja v električno energijo tudi v nekaterih posebnih gorivih. V teh primerih je izkoristek 50-odstotni.

## 2.5 SONČNE ELEKTRARNE

Sončne elektrarne nam služijo za proizvodnjo mehanske in električne energije. Z valjastimi reflektorji (konkavnimi zrcali) se sončna energija koncentrira na cev, v kateri je tekočina z visokim vreliščem. Ta prek turbine žene generator.

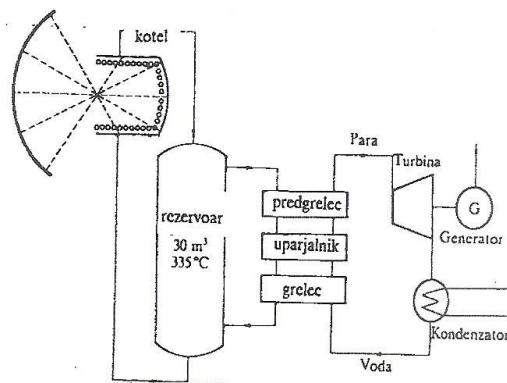
V svetu se je zgradilo že veliko sončnih elektrarn s koncentriranim sončnim sevanjem. Eno takšno so v Franciji, leta 1976, priključili na omrežje. Bila je prva eksperimentalna sončna elektrarna, ki se je imenovala Odeillo in je prikazana na sliki spodaj. Vodna para poganja parno turbino, ta pa je neposredno vezana z električnim generatorjem. Moč te elektrarne je 64 kW.

Investicija za isto moč sončne elektrarne je 3- do 4-krat večja kot pri konvencionalni termoelektrarni. (Aberšek,1999).

Če gledamo z vidika ekologije, so sončne elektrarne prijazne do okolja in čiste. Ne povzročajo nobenih emisij, toplogrednih in drugih plinov.

Pri podjetju Bisol so navedli primer, da 1 MW velika sončna elektrarna letno proizvede 1,1 GWh električne energije in prihrani 1100 ton CO<sub>2</sub> vsako leto.

(<http://www.bisol.com/sl/druzinski-objekti/elektrarne-od-ado-z.html>).



Slika 5: Način izdelave sončne elektrarne (Aberšek, 1999, 62)

### 2.5.1 Primer sončne elektrarne v Sloveniji

Za postavitev prve sončne elektrarne v Sloveniji so se odločili na Agenciji za prestrukturiranje energetike. Proizvedeno električno energijo pošilja v

elektroenergetsko omrežje. V prvi fazi so leta 2001 postavili sistem sončnih modulov moči 1,1 kW, končna moč solarne elektrarne pa naj bi bila 50 kW.



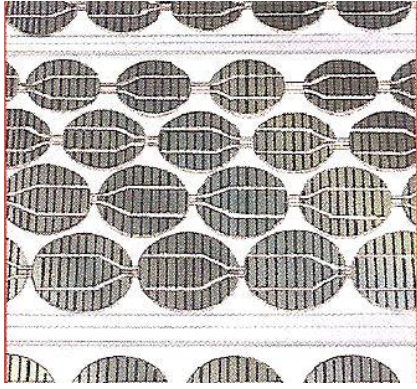
Slika 6: Prva sončna elektrarna v Sloveniji

(<https://sites.google.com/site/trajnostnasola/alternativni-viri/slovenija-se-objavlja/prva-soncna-elektrarna-v-sloveniji>, Pridobljeno 4.5.2016).

## 2.6 SONČNE CELICE

Ravno tako kot sončni kolektorji spreminjajo sončno svetlobo v toploto, sončne celice spreminjajo energijo svetlobe direktno v elektriko. Sončne celice so narejene iz silicija, drugega po vrsti najbolj razširjenega elementa v zemeljski skorji. To je material, ki ob izpostavljenosti sončne svetlobe sprošča elektrone, kar povzroči nastajanje električnega toka in s tem enosmerno napetost (DC). Elektriko proizvaja, dokler na njih seva sončna svetloba. Lahko trdimo, da skoraj ne potrebuje vzdrževanja, ne onesnažuje in ne povzroča hrupa. Zato lahko rečemo, da je proizvodnja elektrike na ta način najčistejša in najbolj varna. Njihova življenjska doba je 20 do 30 let.

Sončne celice so najrazličnejših velikosti. Toda večina od njih je velikih 10 x 10 centimetrov in generirajo približno 0,5 V napetosti. Te majhne celice nato povežejo skupaj v module in naprej še v velike površine, da dosežejo večje napetosti in moči. Na primer, 12-volten modul je lahko sestavljen (odvisno od moči) iz 30 do 40 celic.



Slika 7: Sončne celice (VOEZV, PD, 348)

Velikost 50 W modula je približno 40 x 100 centimetrov. Sončne celice nimajo velikega izkoristka, saj pretvarjajo le 12-15 odstotkov sončne svetlobe v elektriko. Toda laboratorijski prototipi dosegajo že 30-odstotni izkoristek. Sončne celice proizvajajo enosmerno napetost, tako, kot je v baterijah. Ker pa večina električnih naprav zahteva 220 V izmenične napetosti (AC), je treba to s konverterji pretvoriti v izmenično (DC-AC konverter). Velikost in cena konverterjev je odvisna od kvalitete porabnikov. Za napajanje žarnic so dobri manj kvalitetni, za napajanje naprav, kot so TV, Hi-Fi, mikrovalovnih pečic in računalnikov, pa potrebujemo kvalitetnejše pretvornike (konverterje).

Sistem solarnega pridobivanja elektrike mora biti dimenzioniran tako, da je izhod sistema in kapaciteta shranjene energije dovolj velika za napajanje naprav tudi ponoči in v oblačnih dneh, ko je manj sonca na voljo.

Za določitev moči sistema, ki ga potrebujemo, je potrebno prešteti vse porabnike. Ugotoviti moramo, koliko porabijo v vatih (W) in koliko ur na dan delujejo.

Prva silicijeva sončna celica je bila izdelana leta 1955 v laboratoriju podjetja Belle v ZDA. Te celice so že zelo dolgo osnovni del naprav za preskrbo z električno energijo vesoljskih postaj. Takšna pretvorba se imenuje fotonapetostna energetska pretvorba. Ima veliko prednost, saj sončne celice nimajo gibljivih delov, njihovo vzdrževanje je enostavno, lahko se postopno večja moč objekta, ni potrebna koncentracija sevanja in izkoriščajo se lahko tako kot neposredno sevanje kot razpršeno.

## 2.6.1 Delovanje sončne celice

Sončne celice so v osnovi polprevodniške diode z veliko površino. Do pretvorbe svetlobne energije v električno energijo (tok) prihaja zaradi fotovoltaičnega pojava. Pri vpadu fotonov na kristalno mrežo polprevodnika fotoni oddajajo svojo energijo kristalni mreži, in če je energija dovolj velika, ta pojav povzroča nastajanje prostih valenčnih elektronov. Svetlobna energija ne doteka kontinuirano, ampak v kvantih svetlobnega valovanja. Energija kvantov je odvisna od valovne dolžine svetlobe oziroma elektromagnetnega valovanja in od tega je tudi odvisno število sproščenih elektronov. Prosti elektroni bodo nastali le v primeru, če bo energija vpadnih fotonov enaka ali večja kot meja valenčnega in prevodnega pasu ( $W_L$ ,  $W_V$ ). Zveza med frekvenco in energijo vpadnega fotona je sledeča:

$$W = h \cdot \nu$$

$h$  – Planckova konstanta ( $6,626 \cdot 10^{-34} \text{Ws}^2$ )

$\nu$  - frekvenca (Hz)

## 2.6.2 Fotovoltaika

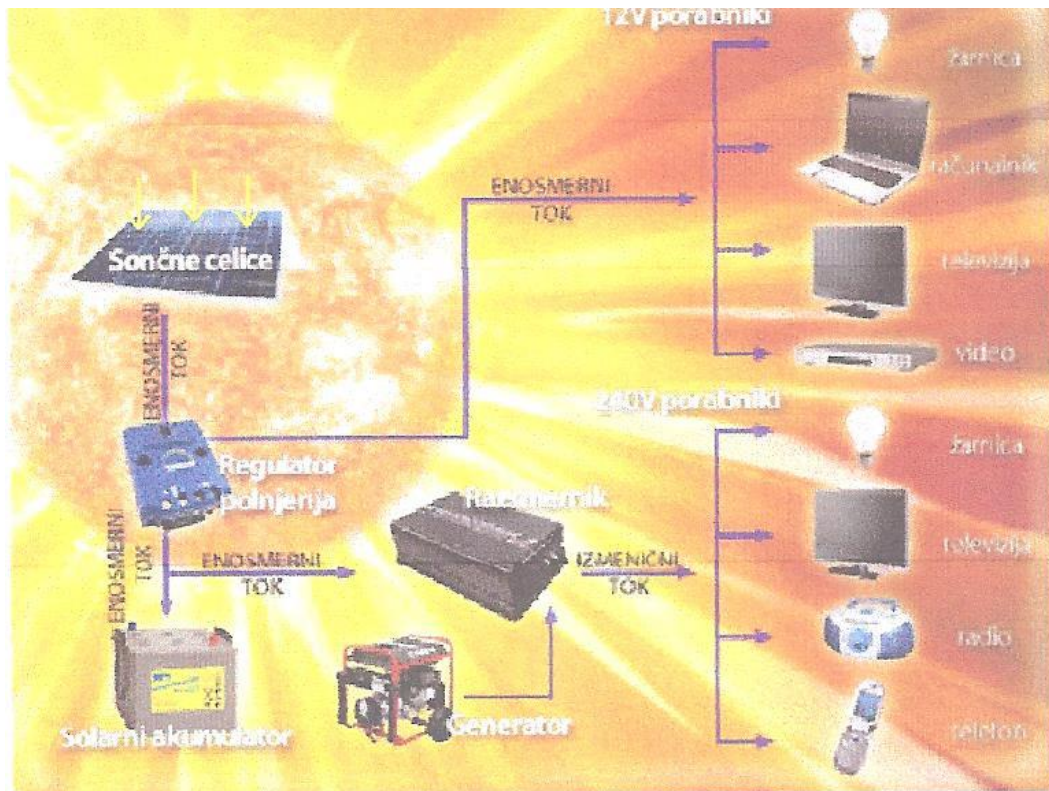
Fotovoltaika (ang. PhotoVoltaics oziroma PV) je veda, ki preučuje pretvorbo energije svetlobe, natančneje energijo fotonov, v elektriko. Pod pojmom fotovoltaična pretvorba razumemo direktno pretvarjanje svetlobne energije sončnega sevanja v električno energijo. Preprosteje povedano, gre za pretvorbo svetlobe v elektriko. Pri tem sodelujeta tako direktno kot tudi difuzno sončno sevanje.

Pretvorba se izvrši v sončnih celicah, ki so glede na zgradbo lahko amorfne, polikristalne ali monokristalne. V večini primerov so izdelane iz silicija. Najpreprostejši primeri uporabe sončnih celic so napajanje žepnih kalkulatorjev, parkirnih ur in podobnih naprav.

Z združevanjem več sončnih celic dobimo fotovoltaične module. Z združevanjem več modulov in z uporabo drugih elementov, kot so akumulatorji, regulatorji polnjenja in razsmerniki, lahko zgradimo poljubno močan sistem za oskrbo z električno energijo na



katerikoli lokaciji. Seveda pa mora biti na razpolago dovolj sončnega sevanja. Na spodnji sliki je prikazana enostavna zasnova fotovoltaičnega sistema.



Slika 8: Fotovoltaični sistem (www.cekom.si, 4.5.2016)

### 2.6.3 Cena in izkoristek sončne energije

Solarna energija še vedno spada med zelo drage vire energije. Visoki stroški investicije in neinformiranost pogosto odvrta ljudi od njene uporabe. Ampak cene postajajo vedno nižje. Spreminjajo se iz leta v leto, tako da bo morda v bližnji prihodnosti sposobna tekmovati s konvencionalnimi energetske vire.

Analiza, ki so jo opravili v IHS Technology, pravi, da zaradi stalnih izboljšav na področju fotovoltaike in sistemov ter vedno manjših stroškov v industriji postajajo vedno bolj učinkoviti na tem področju.

Trenutni izkoristek sistemov je približno 41 odstotkov, strokovnjaki napovedujejo do leta 2017 45-odstotno učinkovitost. Po besedah strokovnjakov iz IHS je izkoristek



elektrarn najbolj pomembna zahteva za zagotavljanje konkurenčnih cen električne energije. Zaradi stalnega razvoja in strmenja k čim boljšim tehnološkim napredkom je prostora za izboljšave še ogromno. (<http://fotovoltaika-on.net/>).

#### **2.6.4 Sončna energija prijazna za okolje**

Ne moremo mimo dejstva, da v današnjih dneh pokurimo vse preveč fosilnih goriv, ki pa zelo slabo vplivajo na okolje. Vpliv tople grede, prevelike emisije ogljikovega dioksida, onesnaženje zraka in nastajanje ozonske luknje so posledice, ki jih ta goriva puščajo za sabo. Da bi naš planet obvarovali pred nadaljnjim uničenjem, je treba naš način pridobivanja energije prilagoditi naravnemu ritmu Zemlje in njenim ekosistemom. Ena od rešitev je zagotovo izkoriščanje alternativnih virov energije – Sonca.

### **2.7 SHRANJEVANJE ELEKTRIČNE ENERGIJE**

Kot sem že omenila, lahko električno energijo shranjujemo na različne načine. Tako pri konvencionalnih virih kot alternativnih si lahko pomagamo z dobro poznanimi »hranilci«  
električne energije. Najbolj poznana nam je baterija oziroma galvanski člen. Prav tako tudi dobro poznamo akumulatorje, kondenzatorje in gorilne celice. Malo manj pa poznamo novodobne ultrakondenzatorje oziroma superkondenzatorje.

Za to, da je v našem električnem omrežju vedno enaka napetost, poskrbijo elektrarne. Na javno omrežje pa se ni vedno mogoče priključiti (mobilni telefoni, prenosni računalniki ipd.), zato moramo preiti na druge vire napetosti: baterije, akumulatorje itn. Ponavadi je njihova napetost od 1 do 12 voltov.

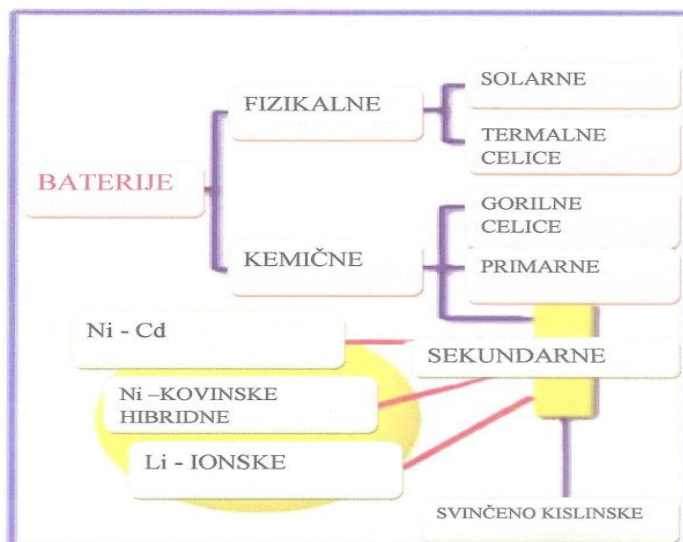
Baterije, akumulatorji in gorilne celice izkoriščajo elektrokemične reakcije, da lahko shranjujejo električno energijo in jo po potrebi tudi nadzorovano oddajajo. Med sabo se najbolj razlikujejo predvsem po možnosti predelave. Baterije enkrat napolnimo in jih po uporabi zavržemo (poseben odpadek). Akumulatorje lahko napolnimo do tisočkrat, zato so, gledano ekološko, boljši. Gorilne celice se neprekinjeno napajajo z

električnim gorivom, da lahko proizvedejo elektriko. Električne energije ne shranjujejo, ampak samo pretvarjajo. Imajo pa največjo ekološko prednost, saj vodik in kisik kot gorivo ustvarjata odpadni plin, vodno paro.

### 2.7.1 Galvanski členi

Izum sega v leto 1800, ko je Baron Alessandro Volta delal poskuse in prišel do Voltove baterije. To je bila prva naprava, ki je dajala možnost proizvajati stabilen, stalen in kontinuiran električni tok.

Električna energija, ki jo ustvarjajo električne baterije, izvira iz kemične reakcije; ta poteka v neki raztopini. To reakcijo spremlja sproščanje elektronov, kar ustvari električni tok. Iznášli so najrazličnejše tipe električnih baterij. Baterije, kot jih poznamo danes, sestavlja več galvanskih členov. Galvanski členi v bateriji so vezani zaporedno. Sestave in aplikacije baterij so zelo različne (Zn-Cu, Li, Ni-MH in alkalne baterije). Običajno jih delimo na primarne, kjer gre za ireverzibilno pretvorbo kemične energije v električno, in sekundarne, kjer so reakcije dokaj obrnljive in jih napolnimo z električnim tokom. Spodnja slika prikazuje klasifikacijo baterij.



Slika 9: Klasifikacija baterij

Najbolj uporabne vrste baterij so alkalne in litijeve:

- a) Alkalne baterije

Ta tip baterij bazira na reakciji med cinkom (Zn) in manganovim dioksidom ( $MnO_2$ ). V alkalni bateriji je anoda narejena iz cinkovega prahu (zaradi večje površine), katoda pa je iz manganovega dioksida (kapica). Imajo visoko notranjo upornost in visok termalni koeficient upornosti (hitreje izprazni, manj energije izkoristimo). Po dolgem času so nagnjene k puščanju (draženje kože in oči).

#### b) Litijeve baterije

Štejemo jih med sekundarne baterije, ki jih poznamo več vrst. Uporabljajo se predvsem v prenosni elektroniki. Imajo enega najboljših kvocientov energije na težo. Imenujemo jih tudi »lazy battery«, saj pri nekaterih baterijah pride do pojava »memory efekta«, ki pomeni zmanjšanje kapacitete ob polnjenju brez predhodne popolne izpraznitve.

Vseh vrst baterij je zelo obsežno in nasploh nepregledno.

### 2.7.2 Akumulatorji

Akumulatorje, za razliko od baterij, po uporabi ne zavržemo, ampak jih napolnimo in znova uporabimo. Po nekaj sto polnitvah tudi ti odslužijo. Gledano z okoljskega vidika lahko rečemo, da so boljši. Med uporabo deluje kot izvir napetosti, se prazni, med polnjenjem pa ga priključimo kot porabnik na zunanji vir napetosti – električno omrežje.

Poznamo več vrst akumulatorjev. Eden prvih je bil svinčev akumulator. Gaston Plante (1859) je sestavil člen s svinčevima elektrodama v razredčeni žveplovni kislini. Negativna elektroda je svinec, pozitivna elektroda pa svinčev dioksid, elektrolit pa razredčena žveplova kislina. Navadno avtomobilsko akumulatorsko baterijo z gonilno napetostjo 12 voltov sestavlja šest celic. Prednost svinčevega akumulatorja je zanesljivost in razmeroma majhna cena, slabost pa velika teža.

Waldemar Jungner (1899) je odkril nikelj-kadmijev akumulator. Kot negativna elektroda deluje kadmijev hidroksid, kot pozitivna elektroda pa nikljev hidroksid in kot elektrolit kalijev hidroksid. V primerjavi s svinčevim ima večjo specifično energijo, manjšo maso in je dražji. Lahko doseže več kot tisoč ciklov. Poudariti je

potrebno, da je kadmij izredno strupena kovina in za okolje velika obremenitev. Zato so razvili hibridni akumulator, ki ima namesto kadmijeve elektrode nikljev hidrid.

Hidridne akumulatorje so zamenjali litijevi akumulatorji, ki imajo večjo gonilno napetost in specifično energijo. Negativno elektrodo sestavlja kovinski oksid, pozitivno pa ogljik, elektrolit je litijeva sol v organskem topilu – acetonitril. Zaprt je v jekleni posodi, ki je večkrat počila. Zato so akumulatorje opremili z elektronskim vezjem, saj preprečuje, da bi temperatura ali tok preveč narasla.

Litijeve ionske akumulatorje so hitro zamenjali z litijevimi polimernimi akumulatorji. Njihova slaba stran je bila staranje takoj po izdelavi. Litijevi polimerni akumulatorji uporabljajo elektrolit polimer – polietilenoksid, ki ga namestijo med elektrodi v obliki tankega plastičnega filma. Slabost tega bi naj bil majhno število ciklov in dolgo polnjenje.

Tako kot pri baterijah imamo tudi pri akumulatorjih izredno veliko vrst. Poleg zgoraj omenjenih poznamo še srebrov cinkov akumulator, cink bromov akumulator itn.

### **2.7.3 Gorilni elementi**

Gorilni elementi so elektrokemične naprave, ki jih uporabljamo za neposredno pretvorbo kemijske energije v istosmerno električno energijo. Sestava je enaka kot pri baterijah, iz dveh elektrod, potopljenih v isti elektrolit. Na anodi gorilnega elementa oksidira gorivo, to je nek kemijski element ali spojina, ki ima visoko vsebnost notranje energije. Elektroni, ki se sprostijo med oksidacijo goriva, gredo iz anode z zunanjim krogom vodiča, preko porabnika (električni motor, žarnica itd.) do katode. Na katodi se nek drug element (oksidant) reducira z ujetjem elektronov, proizvedenih na anodi. Rezultat reakcije, negativni in pozitivni ioni se spajajo v elektrolitu, nastali proizvod pa se odvaja iz gorilnega elementa. Velikokrat je končni proizvod enak izgorevanju goriva, zato tudi ime gorilni elementi. Deli gorilnih elementov so elektrode, katalizatorji, elektroliti, goriva in oksidanti. (Aberšek, 1999).

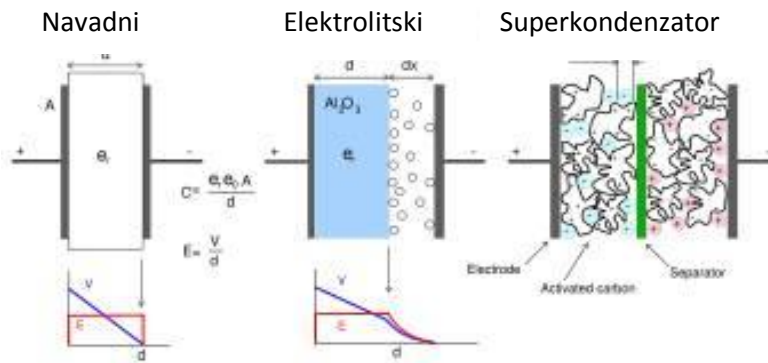
## 2.7.4 Kondenzatorji

Imamo več vrst kondenzatorjev. Dobro poznani so elektrolitski kondenzatorji, ki so izdelani iz elektrolitov. Veliko kapacitivnost kondenzatorja (F) povzroči uporaba elektrode iz aluminija z dodano tanko oksidacijsko membrano. Obremenimo ga lahko samo z enosmerno napetostjo, je polariziran. V nasprotnem primeru postane neuporaben oziroma nevaren, saj lahko eksplodira. Ti kondenzatorji so ceneji in se pogosto uporabljajo, recimo kot filtri. Če kondenzator obremenimo z višjo napetostjo kot je nazivna, se pokvari. Zato se v praksi uporablja kondenzator z dvakrat višjo nazivno napetostjo kot je potrebno. Poznamo veliko vrst kondenzatorjev:

- a) Poliestrski film: ti kondenzatorji se uporabljajo kot dielektrik plast poliestrskega filma. Niso dragi, so temperaturno stabilni, in jih pogosto uporabljajo.
- b) Polipropilenski kondenzator: uporabimo ga, kadar so zahteve po tolerancah večje. Imajo zelo majhne tolerance do frekvence 100kHz (1 %).
- c) Polistirenski kondenzatorji: niso primerni za visoke frekvence. Izdelani so kot koluti. Uporabni so za aplikacije do nekaj sto kilohercov.
- d) Metalizirani poliestrski kondenzatorji: imajo boljše lastnosti od navadnih poliestrskih. So majhni.
- e) Keramični kondenzatorji: imajo dobre frekvenčne karakteristike. Niso v zavitkih, saj so kot mali diski. Uporabljajo se za visokofrekvenčne aplikacije. Na primer za filtriranje visokofrekvenčnih motenj.
- f) Nastavljivi kondenzatorji (trimmerji): vsebujejo lahko plastični ali keramični dielektrik.
- g) Nastavljivi zračni kondenzatorji: kot dielektrik uporabljajo zrak. Običajno jih najdemo v radijih.

([www.fmf.uni-lj.si/~stepisnik/sola/energvir/Seminarji/Elektrokemico.ppt](http://www.fmf.uni-lj.si/~stepisnik/sola/energvir/Seminarji/Elektrokemico.ppt)).

Slika na naslednji strani prikazuje primerjavo navadnega, elektrolitskega kondenzatorja in superkondenzatorja.



Slika 10: Primerjava: navadni, elektrolitski kondenzator in superkondenzator (www.fmf.uni-lj.si, 4.5.2016)

### 2.7.5 Superkondenzatorji

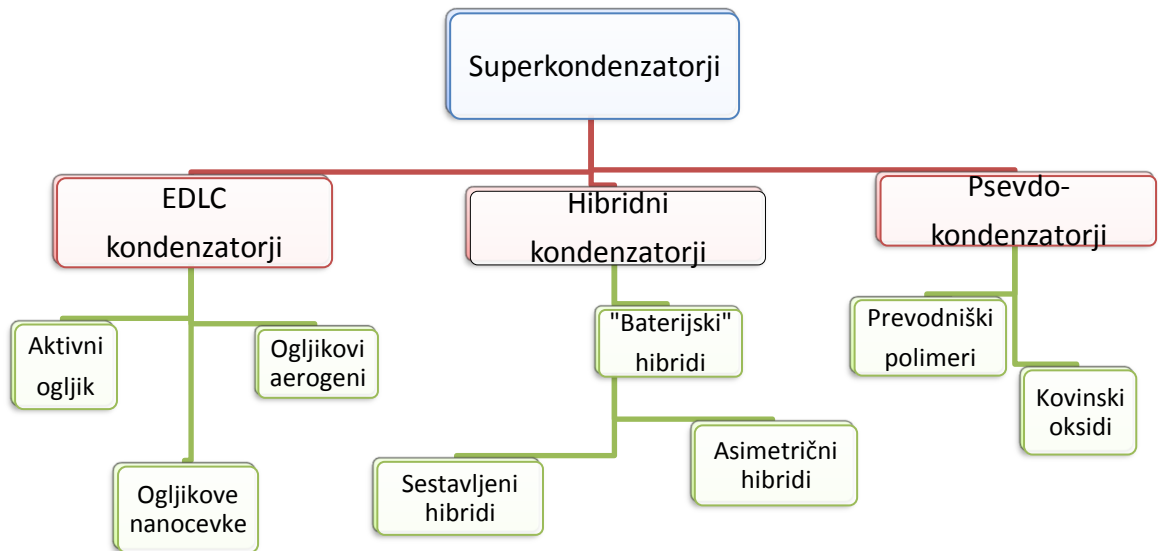
Superkondenzatorji so znani po veliki kapacitivnosti (na primer 0,47 F), kljub temu pa ostajajo majhnih dimenzij. Z uporabo električnega dvojnega sloja je to lastnost mogoče dobiti.

Superkondenzatorji so v bistvu kondenzatorji, ki lahko držijo mnogo več naboja. Poznamo jih tudi kot ultrakondenzatorji ali kemični kondenzatorji. Odlikuje jih ogromna kapaciteta, zaradi molekulske tankega dielektrika, velike površine nanostrukturiranih elektrod in v nekaterih primerih so reakcije prenosa naboja podobne tistim v baterijah. Po funkcionalnosti so nekaj vmes med navadnimi kondenzatorji in baterijami.

Nanotehnologija omogoča izdelavo zelo majhnih superkondenzatorjev. Zaradi principa delovanja jih lahko oblikujemo, v tako rekoč, v poljubno obliko. Dosežejo lahko visoko energijsko in močnostno gostoto. Imajo tudi druge zaželjene karakteristike: hitri čas polnjenja, visoka »cycling« stabilnost, temperaturno stabilnost.

EDLC = Electrochemical Double Layer Capacitor

Klasifikacija:



Slika 11: Klasifikacija superkondenzatorjev

## PSEVDOKONDENZATORJI

Pseudokondenzatorji so podobni EDLC-jem, le da so elektrode narejene iz kovinskih oksidov ali prevodniških polimerov. Pri njih poteka elektrokemično shranjevanje energije. Lahko dosežejo velike kapacitete. V splošnem napetost na takšnih kondenzatorjih ne preseže 1 volta.

Med raziskovanjem sem ugotovila, da so superkondenzatorji še v fazi razvoja. Fizikalni procesi, ki nastopajo, so sveže odkriti in zadovoljivo razumljeni. Zato jih ocene stroškov še izločujejo iz konkurence. Najpomembnejše je, da si zapomnimo to novo, zanimivo tehnologijo v svoji veji. Brez pomisleka jih ne moremo kar zamenjati z navadnimi kondenzatorji.

Superkondenzatorji so v vsakem pogledu del naprednih shranjevalcev energije. Postali bodo koristno orodje za inženiring visoko učinkovitih električnih in elektronskih sistemov. Z razvojem bodo postajali vedno bolj vsakdanji.

### **2.7.6 Alternativni viri in akumulacija**

Lahko bi rekli, da je pri večini energetskih virov, ki jih danes črpamo, glavni vzrok Sonce. Premog, surovo nafto in vodno energijo lahko označimo kot posredno obliko sončne energije. Sonce je sodelovalo pri razkrajanju in pretvorbi ostankov živalskega in rastlinskega izvora. Prav tako sodeluje pri izhlapevanju ogromnih površin oceanov in morij. Hlapi v ustreznih razmerah kondenzirajo in padajo na Zemljo v obliki dežja, ki polni reke, te pa napajajo hidroelektrarne. Danes pa si želimo izkoriščati sončno energijo tudi neposredno. Vzrok je v dolgem času, ki je potreben, da nastaneta premog in nafta (nekaj milijonov let).



### 3. DRUGO POGlavJE

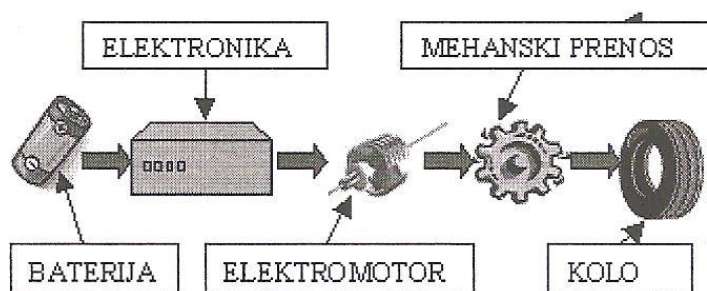
Ko govorimo o avtomobilih, ki jih poganja sončna energija, se velikokrat zamislimo kako bi ti izgledalo v praksi. V nadaljevanju bom opisala električni pogonski sistem, sončne celice in postopek izdelave avtomobilčka na sončne celice.

#### 3.1 ELEKTRIČNI POGONSKI SISTEM

Električni pogonski sistem je v grobem sestavljen iz vira električne energije (enega ali več), elektromotorja (enega ali več) in krmilne elektronike, ki skrbi za optimalno delovanje obeh komponent.

Kot vir električne energije se najpogosteje uporabljajo baterije oziroma akumulatorji, počasi pa jih nadomeščajo gorilne celice in superkondenzatorji.

Elektromotor je lahko centralni, torej en sam. Preko prenosnih mehanizmov in prestav se prenese navor motorja do pogonskih osi prevoznega sredstva. Če pa jih je več, so nameščeni direktno v kolesih. Torej ni potrebnih dodatnih mehanskih prenosov.



Slika12: Klasičen električni pogon (www.elektro-crpalke.si, 4.5.2016)

Z baterijo, v kateri je shranjena energija, preko elektronike poganjamo elektromotor. Nato preko mehanskih prenosov prenesemo mehansko energijo do koles. Ko zaviramo, se smer energije obrne. Tako elektromotor deluje kot generator in s tem pa

del energije vrnemo nazaj v baterijo. Temu sistemu rečemo regenerativno zaviranje, kar pa velja za vsa električna vozila.

Tak električni pogon je enostaven, vendar zaradi majhne zaloge energije v baterijah neprimeren za premagovanje večjih razdalj.

### **3.1.1 Prednosti električnih vozil**

Izkoristek elektromotorja je v kombinaciji z gorilnimi celicami ali baterijami bistveno boljši kot izkoristek pogonskega sistema z motorjem na notranje izgorevanje. Poleg samega izkoristka motorja lahko z regenerativnim sistemom zaviranja del energije, ki bi se pri klasičnem vozilu izgubil med zaviranjem, povrnemo. Posledici boljšega izkoristka sta predvsem:

- nižji stroški vožnje in
- manjše obremenjevanje okolja.

Električni pogonski sistem je modularno zasnovan in lahko koristi več različnih virov energije. En vir energije je zadolžen za veliko moč, druga pa za veliko zalogo energije. Prednost takega sistema se na koncu pri vozilu pozna predvsem pri:

- nižji ceni in
- večjemu udobju potnikov.

V primeru direktnega pogona se električna vozila tudi bolje drže ceste in so precej varnejša.

### **3.1.2 Slabosti električnih vozil**

Glavna slabost električnih vozil je njihov majhen obseg. Doseg vozila je namreč omejen z zalogo energije, ki jo ima vozilo na voljo. V primerjavi z nafto ali bencinom imajo tudi najsodobnejše baterije še vedno približno stokrat manjšo energijsko gostoto. Kljub nekajkrat boljšemu izkoristku pogonskega sistema to ne zadostuje za

daljše vožnje. Z gorilnimi celicami bomo problem majhnega obsega sicer rešili, še vedno pa obstajajo odprta vprašanja v povezavi z infrastrukturo črpalk za vodik, katerega distribucija ni tako enostavna kot pri tekočih ogljikovodikih.

### **3.1.3 Vzpon električnih vozil**

Zaradi težav pri doseganju zelenega obsega električnih vozil se bodo le-ta sprva pojavila na področjih, kjer to ne igra ključne vloge, in na področjih, kjer je nujno potrebno varovanje okolja. Električna vozila se že zelo dolgo in v velikem obsegu uporabljajo na igriščih za golf, v raznih bolnišnicah itd. Sledijo aplikacije v raznih mestnih dostavnih službah in potniškem prometu (avtobusi). Zadnje čase se po svetu zelo razširjajo električna kolesa, kjer elektromotor z dodatnim navorom kolesarju pomaga pri poganjanju kolesa. Na področju osebnih avtomobilov praktično vsi svetovni proizvajalci razvijajo hibridne in električne modele. Med najhitrejšimi je bila Toyota s svoji modelom Prius, ki je po svetu zastopan že z več kot sto tisoč avtomobili. Tudi v prihodnosti lahko pričakujemo, da se bodo električna vozila uveljavljala predvsem v mestnih središčih, hibridna vozila pa bodo omogočala tudi relacijsko vožnjo.

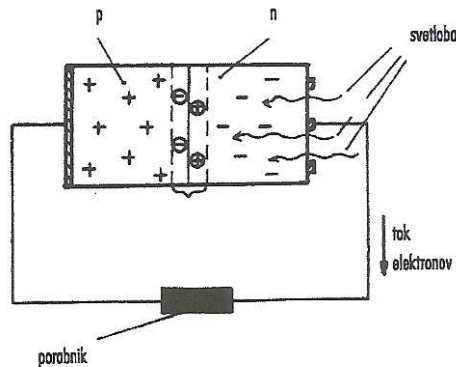
### **3.1.4 Superkondenzator v avtomobilčku**

Kot sem že omenila, je to kondenzator z zelo veliko energijsko gostoto. Uporabljamo ga lahko za skladiščenje električne energije, podobno kot baterije in akumulatorje. Njihova energijska gostota je sicer precej manjša od energijske gostote baterij, saj je le okoli 4 do 5 Wh/kg (svinčene baterije okoli 40Wh/kg, litijeve prek 100 Wh/kg), se pa odlikujejo po izredno veliki specifični moči, ki je prek 2kW/kg (baterije imajo specifično moč okoli 200 W/kg), in dolgi življenjski dobi.

## 3.2 SONČNE CELICE PRI AVTOMOBILČKU

Sončne celice so izdelane iz silicija. Kosi silicija so narezani v 0,5 mm debele plošče. Te plošče so nato premazane z različnimi dodatki nečistoč (torej specifično onesnažene), ki ustvarjajo neravnovesje v strukturi silicija. To ustvari dva različna sloja, pozitiven p-sloj in negativen n-sloj.

Če poenostavimo, električni tok nastane zaradi premikanja elektronov (ki jih aktivira sončna svetloba) iz n-sloja skozi priključen porabnik (motor) v p-sloj.



Slika 13: Sončna celica (priročnik Fischertechnik, 13)

Sončna celica proizvaja napetost 1 V in maksimalni tok približno 440 mA. Motor ima nazivno napetost 2 V, vendar se začne vrteti že pri 0,3 V (v prostem teku, ne da bi os motorja poganjala model). V tem primeru ga lahko poganja ena sama sončna celica. Za nekatere motorje je potrebna večja zagonška napetost, da se sploh začne vrteti. V takem primeru sončne celice povežemo zaporedno (napetosti sončnih celic seštejemo).

Nekateri motorji se ne smejo vrteti prehitro, zato sončne celice povežemo vzporedno. Napetost ostane enaka kot pri sončni celici. Zaradi povečane površine sončne celice ob enaki svetlobi proizvede večji tok.

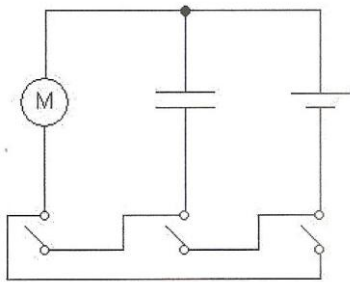
### **3.2.1 Shranjevanje električne energije**

Poskušala sem ugotoviti, zakaj je potrebno shranjevati električno energijo, pridobljeno iz obnovljivega vira – Sonca. Pri opazovanju vozila sem videla, da se vozilo ustavi takoj, ko se odmakne od vira svetlobe ali se pripelje v senco. Tu vidimo prvo težavo pri vožnji avtomobila. Veliko bolj neodvisni smo, če lahko oskrbujemo vozilo iz shranjevalnika energije, ki ga polnimo z obnovljivim virom energije in s katerim se lahko vozilo nekaj časa giblje neodvisno od pojavov in vremena.

Shranjevalnik energije, ki ga predstavljamo v nalogi, je superkondenzator Gold cup. Sestavljen je iz dveh kosov aktivnega ogljika, ki sta ločena samo s tanko plastjo izolatorja. Odlikuje se z izredno veliko kapacitivnostjo, in sicer 10 F. Običajni kondenzatorji imajo kapacitivnost nekaj mikrofadarov. Lahko ga uporabljamo kot majhno baterijo. Njegova prednost je velika hitrost polnjenja, s sončnimi celicami ga ne moremo preveč napolniti, pa tudi »stečiči« ne more. Vseeno moramo biti previdni. Ne smemo ga priključiti na napetost, višjo od 2,3 V, ker lahko eksplodira.

### **3.2.2 Polnjenje superkondenzatorja gold cup**

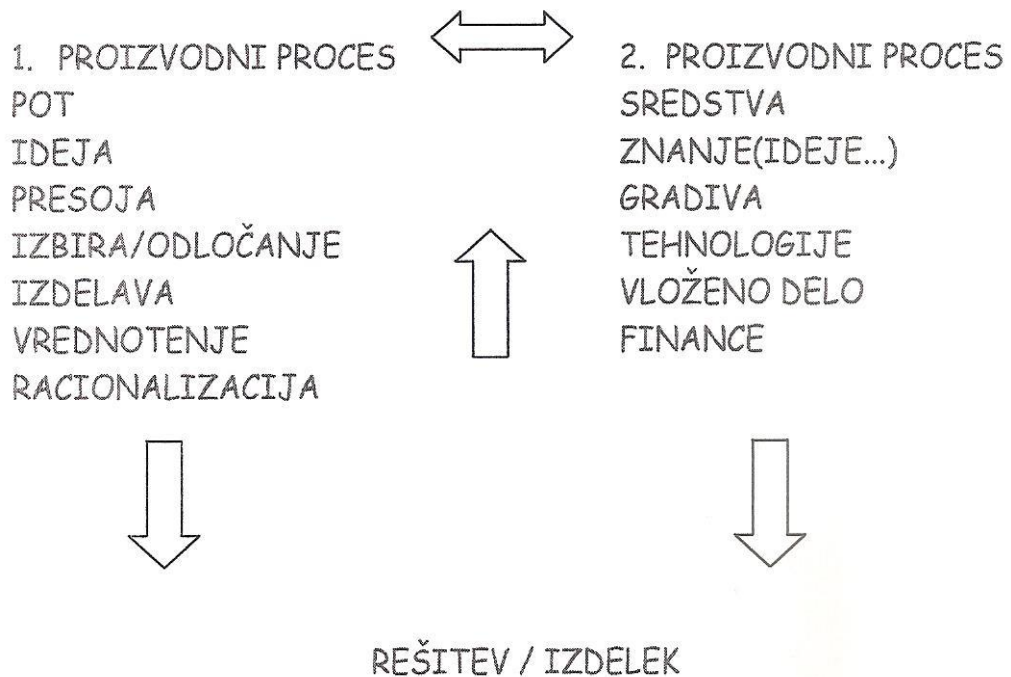
Napolnimo ga tako, da ga priključimo na dve sončni celici, ki sta povezani zaporedno. Rdeč priključek superkondenzatorja (+ katoda) je priključen na rdeč priključek prve sončne celice. Zelen priključek superkondenzatorja (- anoda) pa je povezan na zelen priključek druge sončne celice. Polnimo ga približno deset minut pod žarnico z žarilno nitko moči 100 W. Razdalja med sončnimi celicami in žarnico naj bo 40 centimetrov (če je razdalja manjša, se lahko sončne celice pregrejejo). Napolnimo ga seveda lahko tudi s pomočjo sončne svetlobe. Po končanem polnjenju, namesto sončnih celic, na superkondenzator priključimo motor vozila.



Slika 14: Shema električne vezja avtomobila

### 3.3 POSTOPEK IZDELAVE AVTOMOBILČKA

Pri postopku izdelave se držimo smernic, ki jih prikazuje spodnja slika. Vsak problem, ki se pojavi, moramo opazovati in ga poskušati celovito osvetliti z več zornih kotov. Pri tem moramo biti pozorni, zakaj so se nam problemi pojavili in hkrati predvideti vse možne rešitve in posledice. Poskušamo se držati spodnje sheme.



V nadaljevanju bom opisala, kako pridemo od ideje do končnega izdelka:

IDEJA + GRADIVO + TEHNOLOGIJA + DELO + FINANCE = IZDELEK

### **3.3.1 Ideja**

V tej fazi izhajamo iz energetike in opazujemo okolico. Ugotavljamo, kaj nas zanima, kako bi lahko izboljšali preveliko onesnaženost okolja. Z upoštevanjem, da bi bil izdelek takšen, da bi nam pomagal pri poučevanju predmeta tehnične vzgoje ali fizike. Pomagamo si z učbeniki, enciklopedijami, delovni zvezki, internetom itd.

Izbrati moramo zanesljiv izdelek, ki je primeren za vsakdanjo uporabo. Prilagoditi moramo odpornost in vzdržljivost materialov, finančne zmožnosti in dostopnost materialov. Delovanje mora biti varno in ne preveč hrupno.

### **3.3.2 Presoja**

Pogovorimo se, katere funkcije naj bi izbrani izdelek opravljal, kaj zmoremo in znamo narediti. Pregledamo tehnično delavnico (stroje, naprave), razpoložljive kapacitete in kaj bomo lahko uporabljali. Izdelek naj bi bil tudi iz primerne materiala (les, lepenka, karton). Na podlagi tega predvidimo postopke obdelave in glede na to potrdimo izbiro materiala.

Izdelek mora biti uporaben, nenevaren, gradivo iz kompleta Fischertechnik. Uporabljati pa moramo ročna in strojna orodja.

### **3.3.3 Izbira in odločitev**

Osnovne zahteve našega izdelka

- uporabnost izdelka,
- enostavnost izdelave,

- dosegljivost materiala,
- finance,
- zanimivost,
- udobnost.

	MODEL - AVTO	VIDEO PRIKAZ
UPORABNOST	X	X
ENOSTAVNOST IZDELAVE		
DOSEGLJIVOST MATERIALA	X	X
FINANCE		X
ZANIMIVOST	X	
UDOBNOST	X	

Na podlagi teh zahtev se odločimo za izdelavo modela avtomobilčka na sončne celice.

Izberemo in določimo naslednje: obliko, število sestavnih delov, način spajanja sestavnih delov, postopke obdelave.

Zahteve materiala:

- primeren za ročno obdelavo v tehnični učilnici;
- trdnost gradiva mora ustrezati vrednosti obremenitve;
- dimenzije gradiva morajo ustrezati obliki in velikosti izdelka;
- cena materiala mora ustrezati vrednosti izdelka.

Odločimo se za izdelek iz lepenke (kartona), saj ustreza zahtevam.



### 3.3.4 Izdelava

Pripravimo se za izdelavo izdelka. Pri tem uporabljamo tehnološko dokumentacijo.

Proizvodnjo organiziramo po načelih skupinskega dela. Razdelimo posamezne naloge. Pri izdelavi izdelka se vedno sprašujemo po njegovi končni kvaliteti. Strokovni pristop in dosledno upoštevanje načrta sta pri izdelavi nujno potrebna. Zato moramo biti pri izdelavi izredno natančni.

### 3.3.5 Vrednotenje

Po končani izdelavi je potrebno izdelek tudi ovrednotiti in oceniti, ali smo delo dobro opravili in kako uspešni smo bili pri izdelavi sami (preizkusimo delovanje avtomobilčka na sončne celice).

Določili smo kriterije za vrednotenje izdelka. Upoštevamo tudi prizadevnost pri delu, zahteve varnega dela in varčevanje z gradivom in energijo. Določimo tudi ceno izdelka (s kalkulacijo).

Imamo fiksne (elektrika, ogrevanje itd.) in spremenljive (material, delo) stroške. Te smo upoštevali pri našem izdelku.

Če uporabljamo stroje, moramo upoštevati:

$$\text{STROJNA URNA POSTAVKA} = \text{AMORTIZACIJA STROJA} + \text{STROŠKI STROJA} + \text{STROŠKI DELA}$$

Pri tem amortizacija stroja pomeni, da moramo v predpisanem časovnem obdobju z delom stroja prihraniti sredstva za nabavo novega stroja. Pod terminom stroški stroja razumemo vse stroške, ki nastanejo med proizvodnjo. To so na primer: stroški za elektriko, stroški orodja (zlom svedra ...), stroški za zaščitna sredstva (rokavice, očala ...). Stroški dela so stroški materiala in stroški plače delavca, naš zaslužek. Poenostavljeno lahko vsa dela ocenimo enako, lahko pa različna dela ovrednotimo različno (rezanje, konstrukcija ...). Tako pridemo do cene izdelka. Ne smemo pozabiti

na dobiček, ki nam omogoča razširjeno produkcijo, financiranje novih izdelkov, razvoj in s tem tudi napredek. Dobiček je lahko različen, odvisno, kakšen izdelek ponujamo. Velikega dobička ne bomo ustvarili, če je konkurenca prevelika, zato predvidimo dobiček od 5- do 10-odstoten. Tako dobimo končno ceno izdelka. Seveda moramo upoštevati še DDV (22 %) in tako dobimo prodajno ceno izdelka.

Upoštevala sem samo stroške dela in materiala.

### ***KALKULACIJA STROŠKOV ZA AVTO NA SONČNE CELICE***

#### ***STROŠKI MATERIALA V EVRIH:***

<i>IME</i>	<i>KOLIČINA,</i>	<i>CENA NA</i>	<i>SKUPNI</i>
<i>MATERIALA</i>	<i>ENOTA</i>	<i>ENOTO v</i> <i>EUR</i>	<i>STROŠKI</i> <i>v EUR</i>
Sončni modul	2 (5 x 5cm)	20	40
Lepenka	0,7 m <sup>2</sup>	0,6	0,42
Vijaki	4	0,1	0,4
Kabelj čevelj	1	1,6	1,6
Žica	1	0,15	0,15

***STROŠKI DELA V EVRIH:***

IME DELA	URNA POSTAVKA v EUR	PORABLJEN ČAS v urah	SKUPNI STROŠKI
zarisovanje	3	0,2	0,6
rezanje	3	0,3	0,9
sestavljanje, lepljenje	4	0,3	1,2
vrtanje	3	0,2	0,6
barvanje	3	0,3	0,9
kontrola	2	0,2	0,4
preizkus	2	0,2	0,4

***CENA IZDELKA******47,57 EUR*****3.3.6 Racionalizacija**

Racionalizacija pomeni delati bolje, delati lažje, učinkovitejše, hitreje in enostavneje ter z manj truda. Pri tem moram poudariti, da noben končen izdelek ni popoln in bi se ga dalo izdelati še boljše. Učenci morajo ugotavljati kaj bi lahko naredili drugače, boljše, hitreje, ceneje, varneje itd. Navedejo naj ideje, ki so jih dobili med delom. S tem bomo pri otrocih razvijali določeno kritičnost do svojega dela in sposobnosti razmišljanja v smeri stalnih izboljšav.

### 3.4 TEHNIŠKA IN TEHNOLOŠKA DOKUMENTACIJA

#### **Tehnološka dokumentacija:**

- montažna risba;
- tehnološki list;
- operacijski list;
- navodila za montažo.

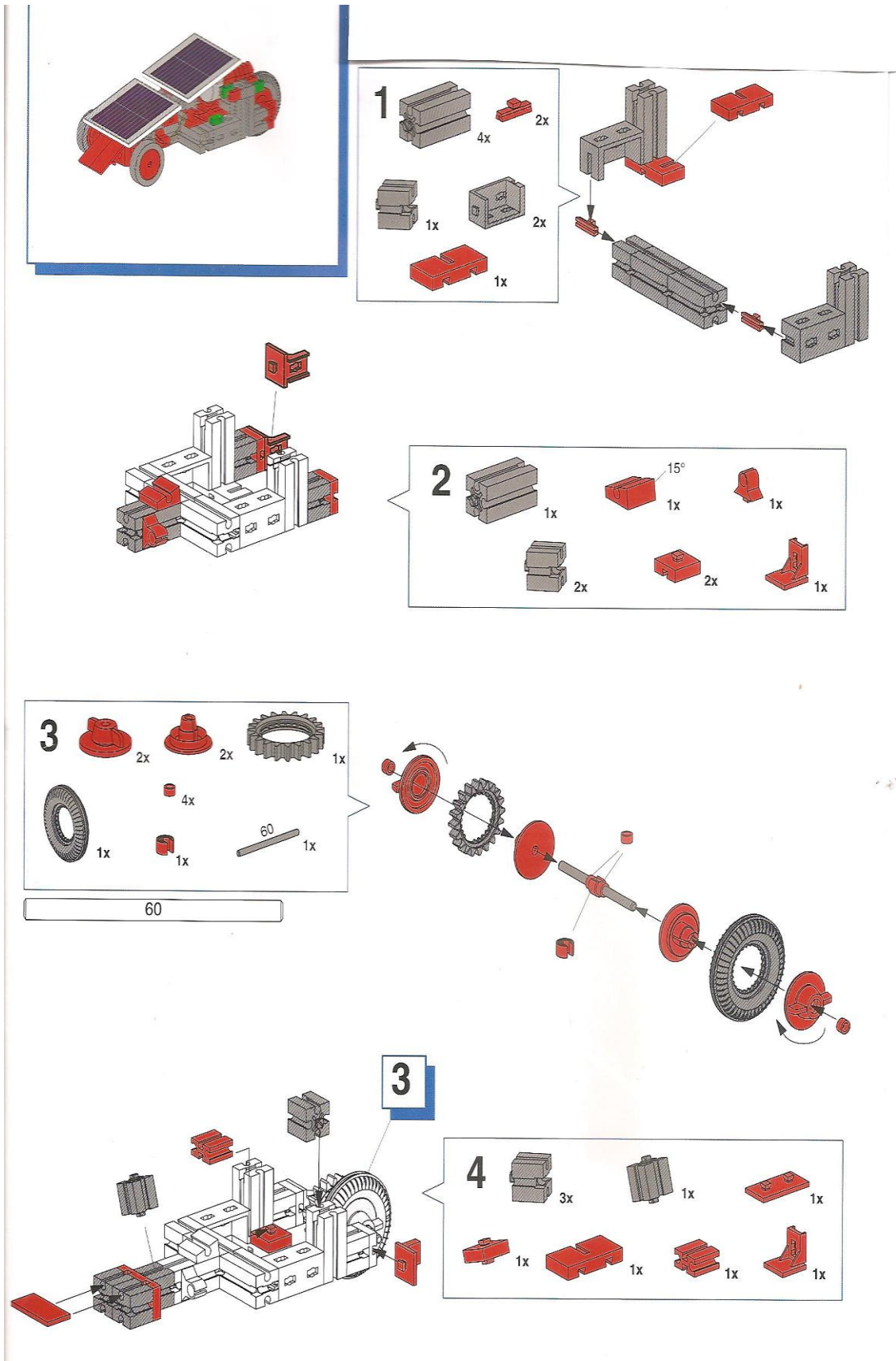
#### **Tehniška dokumentacija:**

- sestavna risba;
- ortogonalna projekcija izdelka.

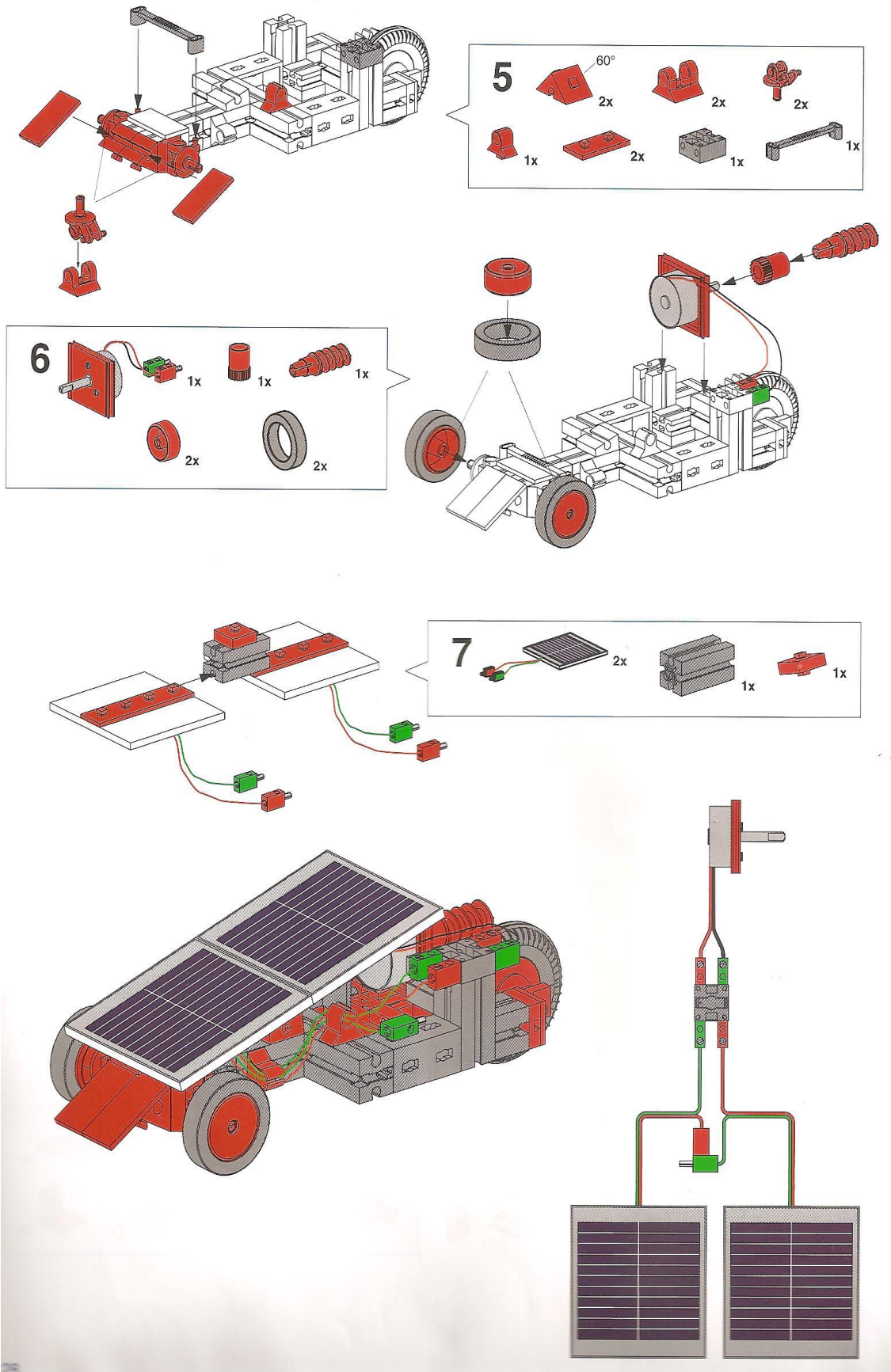
TEHNOLOŠKI LIST					Predmet: <b><i>OHIŠJE AVTOMOBILČKA</i></b>		
	<b>Datum</b>	<b>Priimek</b>	<b>Podpis</b>				
<b>Izdelal</b>		Ramšak Drozg					
<b>Pregledal</b>		Dr. Aberšek					
<b>Del. mesto</b>	<b>Delovne operacije</b>	<b>Poz</b>	<b>Material</b>	<b>Orodja, stroji, pripomočki</b>	<b>Zaščitna sredstva</b>	<b>Predv. čas v min</b>	<b>Izmerjen čas v min</b>
1.	ZARISOVANJE (št.risbe: OSD1, OZD1)	/	Lepenka, 1mm	Tehnični svinčnik HB, ravnilo, kotnik	Podloga	Max. 10	
2.	REZANJE (št.risbe: OSD1, OZD1)	/	Lepenka, 1mm	Olfa nož, kovinsko ravnilo	Podloga	Max 20	
3.	VMESNA KONTROLA	/	Lepenka, 1mm	Pomični merilo, kotnik, delavniške risbe	Podloga	Max. 10	
4.	UPOGIBANJE (št.risbe: OSD1)	/	Lepenka, 1mm	Kovinsko ravnilo	Podloga	Max. 10	
5.	SESTAVLJANJE LEPLJENJE VEZANJE (št.risbe: OPA1)	/	Lepenka, 1mm Žičke Sponke	Lepilo za les-neostik, lepilni trak, izvijač	Podloga, predpasnik	Max. 20	
6.	VRTANJE		Lepenka 1mm	Sveder 3mm	Podloga	Max. 10	
7.	BARVANJE	/	Lepenka, 1mm	Barva za papir flomastri z lakom lakmarkerji	Podloga, predpasnik, časopisni papir	Max. 20	
8.	KONČNA KONTROLA (št.risbe: OPA1)	vs e	Podvozje, ohišje, streha avtomobila	Kotnik, meter			

OPERACIJSKI LIST				Predmet: <b>OHIŠJE AVTOMOBILČKA</b>
	Datum	Priimek	Podpis	
<b>Izdelal</b>		Ramšak Drozg		
<b>Pregledal</b>		Dr. Aberšek		
Del. mesto	Delovne operacije	Material	Orodja, stroji, pripomočki	Opis dela
1.	ZARISOVANJE	Lepenka, 1mm	Tehnični svinčnik HB, ravnilo, kotnik	Iz delovnih risb prenesemo s svinčnikom mere direktno na lepenko. Pomagamo si s kotniki.
2.	REZANJE	Lepenka, 1mm	Olfa nož, kovinsko ravnilo	Z olfa nožem zarezemo po črtah, pazimo na črtkane črte – ne zarezemo do konca.
3.	VMESNA KONTROLA	Lepenka, 1mm	Pomični merilo, kotnik, delavniške risbe	Vse pozicije s pomičnim merilom premerimo, če so pravih dimenzij. S kotnikom preverimo pravokotnost.
4.	UPOGIBANJE	Lepenka, 1mm	Kovinsko ravnilo	Lepenko upognemo po zarezanih črtah, glej načrt.
5.	LEPLJENJE VEZANJE SESTAVLJANJE	Lepenka, 1mm	Lepilo za les-neostik, lepilni trak	Pozicije zlepimo skupaj tako kot je prikazano na sestavni risbi. Uporabljamo lepilo za les – pomagamo si z lepilnim trakom. Zvežemo celico, kondenzator in motor, glej vezalni načrt.
6.	VRTANJE	Lepenka 1mm	Sveder 3mm	Na ohišju avtomobila naredimo luknje s pomočjo svedra kar ročno, glej načrt.
7.	BARVANJE	Lepenka, 1mm	Barva za papir – flomastri z lakom - lakmarkerji	Podlago zaščitimo s časopisnim papirjem. Pobarvamo dele avtomobilčka po želji.
8.	KONČNA KONTROLA	Podvozje, ohišje, streha avtomobila	Kotnik, meter	Z metrom pomerimo dimenzije kot so predvidene na sestavni in montažni risbi, preverimo pravokotnost.

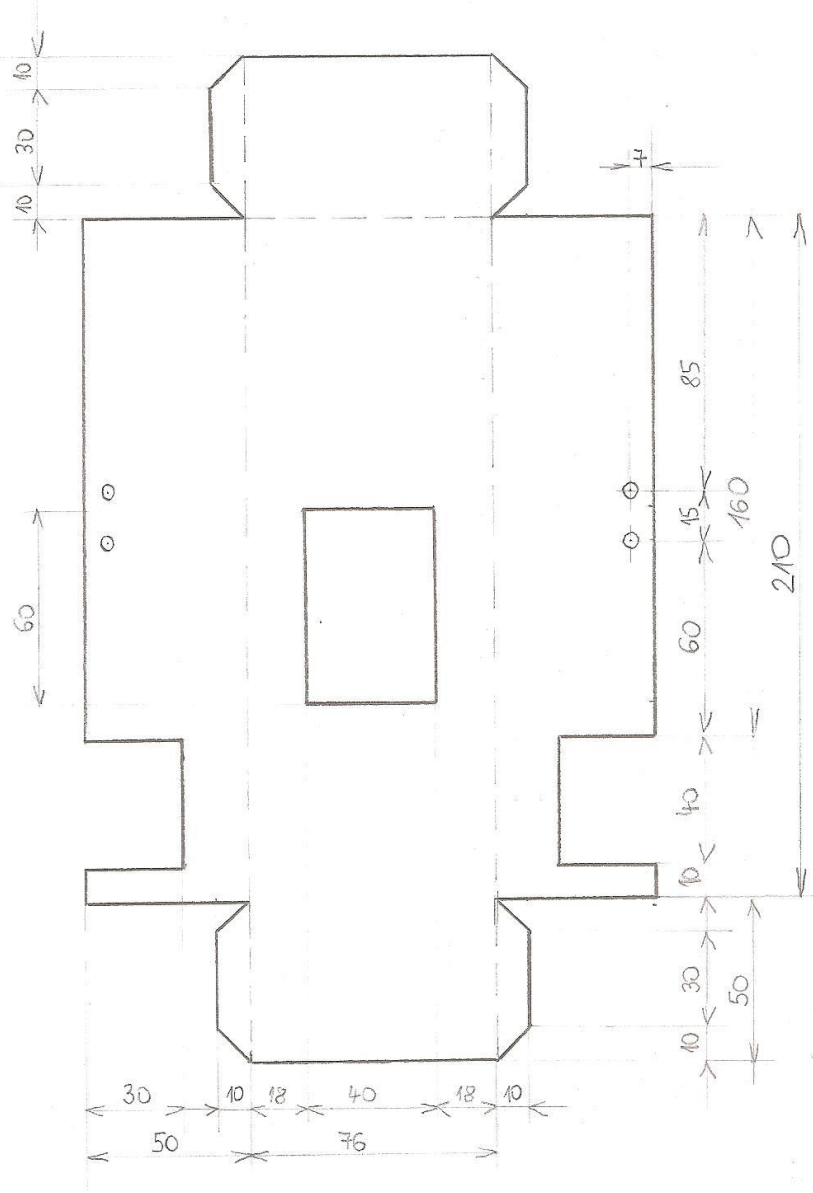
# Sestavna risba podvozja 1



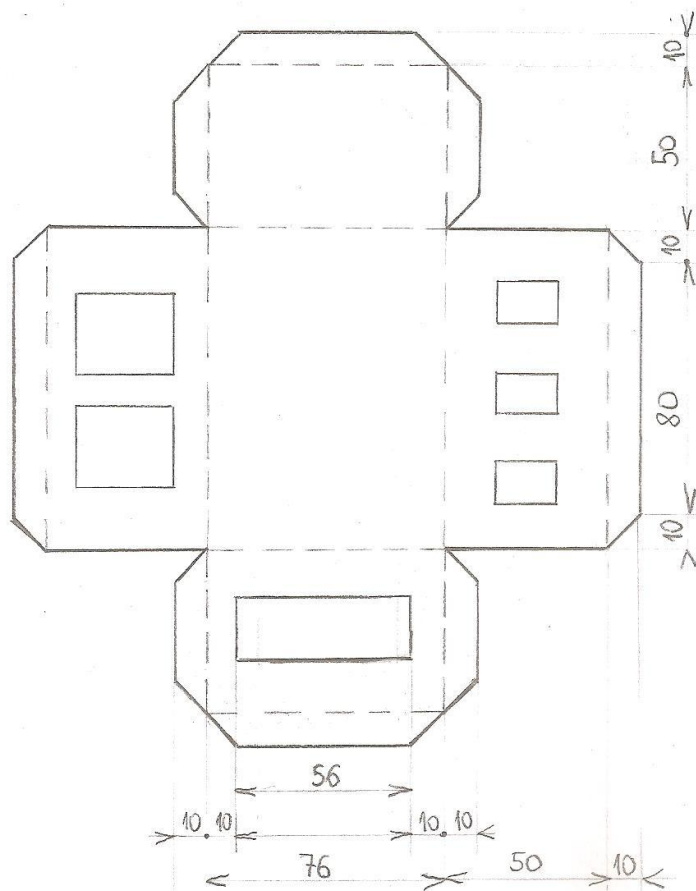
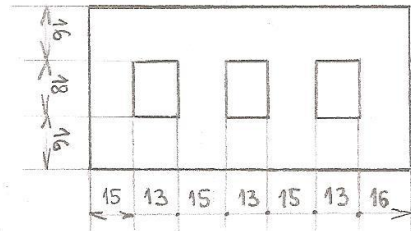
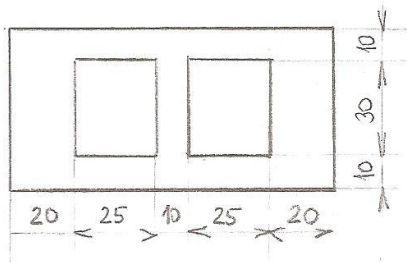
## Sestavna risba podvozja 2



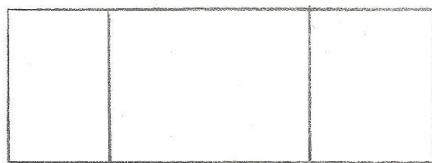
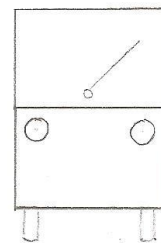
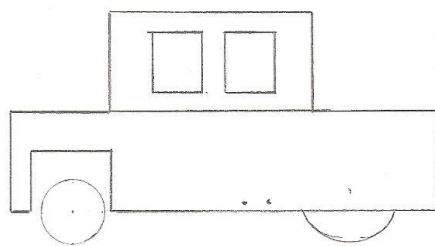




	Datum	Ime	Priimek	Osnovna šola:
Risal	20.4.2016	Petra	Ramšak Drotz	
Pregledal				
Merilo: 1:2	Objekt: OHIŠJE - SPODNJI DEL			Št.risbe: OSD1



	Datum	Ime	Priimek	Osnovna šola:
Risal	20.4. 2016	Petra	Ramšak Drozg	
Pregledal				
Merilo: 1:2	Objekt:	OHIŠJE - ZGORNJI DEL		Št.risbe: OZD1



	Datum	Ime	Priimek	Osnovna šola:
Risal	20.4. 2016	Petra	Ramsak Drozg	
Pregledal				
Merilo: 1:3	Objekt: ORTOGONALNA PROJEKCIJA AVTOMOBILČKA			Št.risbe: OPA 1

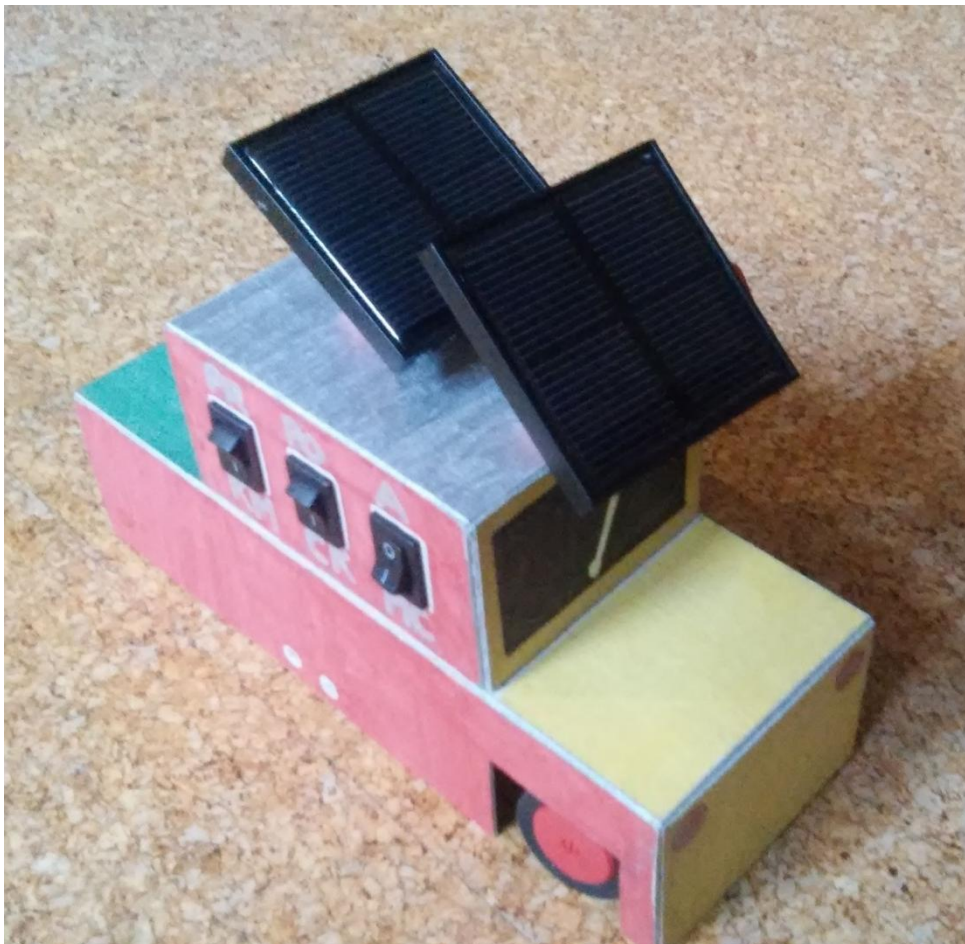
### 3.5 ZAKLJUČEK IZDELAVE

Izdelava modela je potekala po predvidenih korakih. Manjši zapleti so se pojavili pri sami vezavi, sicer pa je bila izbira materiala, obdelovalnih postopkov in delitev dela primerna.

Izdelek je uporaben pri tehnični vzgoji in fiziki. Je enostavno prenosljiv, lahek in zagotavlja dobro vidljivost prikaza.

Ta izdelek, ki sem ga predstavila v diplomski nalogi, bi bil po mojem mnenju v majhnih serijah predrag. Če bi želeli biti konkurenčni drugim podobnim proizvodom, bi se morali lotiti serijske proizvodnje v velikih količinah. Seveda pa bi bila cena materiala, ki bi ga potrebovali za izdelavo, v primeru množinskih proizvodenj manjša (količinski popust).

Končni izdelek:



## 4. SKLEP

V današnjem času potrebujemo izredno velike količine energije. Od kod prihaja ta energija? Večina je proizvedena iz fosilnih goriv (nafta, plin in premog). Velik del naših potreb pokrivajo jedrske elektrarne. Vendar imajo te vrste energije nekatere slabosti. Zaloge fosilnih goriv so omejene, med izgorevanjem nafte in premoga prihaja do onesnaževanja okolja in jedrske elektrarne predstavljajo nevarnost radioaktivnega sevanja, poleg tega v njih nastajajo radioaktivni odpadki. To so zadostni razlogi za iskanje alternativnih virov energije, ki niso škodljivi okolju in so na razpolago v neomejenih količinah. V nalogi sem predstavila pridobivanje energije iz tega ogromnega in neizčrpnega vira – Sonca s pomočjo sončnih celic.

Ko razmišljamo o avtomobilih, ki jih poganja sončna energija, se vprašamo, kako bi izgledalo v praksi. Upoštevati moramo dejstvo, da je količina shranjene energije v avtu omejena. Zato ne more zagotoviti visoke hitrosti in moči. Vožnja je počasnejša, avtomobili manjši, lažji. Ko se bo odpravila težava s hrambo energije, bo sončna energija glavno gonilo naših avtomobilov.

Z izdelavo ogrodja avtomobilčka spoznavamo in odkrivamo preproste tehnične in tehnološke probleme ter z uporabo preprostih orodij iščemo načine za njihovo reševanje.

Z uporabo modela avtomobilčka Fischertechnik spoznavamo, kako lahko proizvedemo in shranimo električno energijo in na koncu z njo tudi poganjamo model avtomobilčka.

## 5. VIRI

- 1) Aberšek. B. (1999). Energija in energetika. Maribor: Pedagoška fakulteta.
- 2) Aberšek. B. Proizvodni sistemi (semiraske naloge). Maribor: Pedagoška fakulteta.
- 3) Splošna znanja za vsakogar, priročnik. (2012). Ljubljana: Mladinska knjiga založba.
- 4) Velika ilustrirana enciklopedija, stroji. (1982). Ljubljana: Mladinska knjiga.
- 5) Velika otroška enciklopedija za vedoželjne (VOEZV). (2009). Ljubljana: Mladinska knjiga.
- 6) Izkoriščanje energije sonca.(b.d.). Pridobljeno 4.5.2016, iz <http://www-f9.ijs.si/~krizan/sola/seminar/1112/klobucar.pdf>.
- 7) Sončne celice za elektriko v soloarnih sistemih. (b.d.). Pridobljeno 4.5.2016, iz <http://www.energija-solar.si/>
- 8) Gradski ured za energetiku. (b.d.). Pridobljeno 4.5.2016, iz <http://www.eko.zagreb.hr/>
- 9) Fotovoltaika. (b.d.). Pridobljeno 4.5.2016, iz <http://fotovoltaika-on.net/fotovoltaika/soncna-energija-avto-na-elektricni-pogon.html>
- 10) Stepišnik, J.(2007).Elektrokemično shranjevanje.Pridobljeno 4.5.2016, iz spletne strani fakultete za matematiko in fiziko:  
[www.fmf.uni-lj.si/~stepisnik/sola/energvir/Seminarji/Elektrokemicno.ppt](http://www.fmf.uni-lj.si/~stepisnik/sola/energvir/Seminarji/Elektrokemicno.ppt)
- 11) Stepišnik,J.(2007).Gorivne celice. Pridobljeno 4.5.2016, iz spletne strani fakultete za matematiko in fiziko:  
[www.fmf.uni-lj.si/~stepisnik/sola/energvir/...09/Gorivne%20celice.pdf](http://www.fmf.uni-lj.si/~stepisnik/sola/energvir/...09/Gorivne%20celice.pdf)
- 12) Strnad,J.(2006).Akumulatorji. Pridobljeno 4.5.2016, iz <http://www.presek.si/33/1631-Strnad-akumulator.pdf>
- 13) Električni pogonski sistem.(b.d.).Pridobljeno 4.5.2016, iz <https://www.elektro-crpalka.si/1/baza-znanja/o-elektricnih-prevoznih-sredstvih-in-delovanju/kako-deluje-elektricni-pogonski-sistem.aspx>.
- 14) Sončne elektrarne. Pridobljeno 4.5.2016, iz <http://www.bisol.com/sl/druzinski-objekti/elektrarne-od-ado-z.html>