

UNIVERZA V LJUBLJANI
PEDAGOŠKA FAKULTETA

ANJA URBANIJA

DELOVANJE IN UPORABA SONČNIH CELIC
IN NJIHOVA OBRAVNAVA PRI POUKU TEHNIKE

DIPLOMSKO DELO

LJUBLJANA, 2013

UNIVERZA V LJUBLJANI
PEDAGOŠKA FAKULTETA
MATEMATIKA - TEHNIKA

DELOVANJE IN UPORABA SONČNIH CELIC IN NJIHOVA OBRAVNAVA PRI POUKU TEHNIKE

DIPLOMSKO DELO

Mentor:

dr. Slavko Kocijančič,izr. prof.

Kandidat:

Anja Urbanija

Somentor:

David Rihtaršič, asist.

Ljubljana, september 2013

Zahvala

Zahvaljujem se mentorju, dr. Slavku Kocijančiču, izr. prof., ki me je pri pisanju diplomskega seminarja usmerjal in pomagal z nasveti. Zahvaljujem se tudi asistentu Davidu Rihtaršiču za pomoč pri nastajanju diplomskega seminarja.

Rada bi se zahvalila Aljažu za vso podporo in razumevanje ob študiju in staršem, ki so mi stali ob strani in mi omogočili študij.

POVZETEK

V diplomskem delu so predstavljene sončne celice. Najprej je opisano kako delujejo, nato njihova kratka zgodovina ter kako se povezujejo v večje sisteme. Prav tako je predstavljena razlika med sončnimi celicami in sončnimi zbiralniki. Sledi delitev sončnih celic glede na materiale iz katerih so gradniki sončne celice.

V nadaljevanju diplomskega dela je opisano, kako so sončne celice vključene v pouk tehnike v osnovni šoli. Narejen je pregled osnovnošolskih učbenikov in vprašanj na temo sončnih celic v testih nacionalnega preverjanja znanja. Na koncu sta predstavljeni dve ideji iz tujine, na kakšen način učencem uspešno predstaviti sončne celice.

KLJUČNE BESEDE:

Sončna celica, polprevodnik, pn-spoj, modul, elektrarna, omrežje, izkoristek, osnovnošolski učbeniki, nacionalno preverjanje znanja.

Operation and application of solar cells and their presentation in technology education

SUMMARY

The topic of this thesis are solar cells. The operation of solar cells is described first, then a brief history, followed by an explanation on how they connect together to form larger systems. The difference between solar cells and solar collectors is given. There is also a division into groups, based on the materials used in production of the cells.

The next part of the thesis explores how the topic of solar cells is included in technology education in primary schools. The thesis is concluded by two ideas, coming from abroad, on how to present solar cells to pupils.

KEY WORDS:

Solar cell, semiconductor, pn-junction, solar module, power plant, network, efficiency, primary school textbooks, national testing.

KAZALO

1 UVOD	1
1.1 NAMEN, CILJI IN HIPOTEZE NALOGE	1
1.2 PREDVIDENE METODE RAZISKOVANJA.....	1
1.3 PREGLED VSEBINE OSTALIH POGLAVIJ	2
2 SONČNE CELICE	3
2.1 DELOVANJE SONČNIH CELIC	3
2.2 ZGODOVINA IN RAZVOJ SONČNIH CELIC	7
2.3 UPORABA SONČNIH CELIC IN ELEKTRIČNO OMREŽJE.....	8
3 DELITEV SONČNIH CELIC	12
3.1 SILICIJEVE SONČNE CELICE	12
3.2 III-V SONČNE CELICE (GaAs)	13
3.3 TANKOPLASTNE SONČNE CELICE	13
4 PRISOTNOST SONČNIH CELIC PRI POUKU TEHNIKE IN TEHNOLOGIJE	16
4.1 UČBENIK TEHNIKA IN TEHNOLOGIJA 7	16
4.2 UČBENIK TEHNIKA 7	16
4.3 UČBENIK TEHNIKA IN TEHNOLOGIJA 7	17
5 NACIONALNO PREVERJANJE ZNANJA	18
5.1 PREGLED NALOG.....	18
5.2 REZULTATI NALOG.....	21
5.3 VZROKI ZA USPEŠNOST IN NEUSPEŠNOST	22
6 OBRAVNAVA SONČNIH CELIC PRI POUKU TEHNIKE V DRUGIH DRŽAVAH	23
6.1 ZNANSTVENI SEJEM NA KRETI (GRČIJA)	23
6.2 PROJEKT NEED V ZDA	25
7 DISKUSIJA	26
8 ZAKLJUČEK	27
9 LITERATURA IN VIRI	28

KAZALO SLIK

Slika 2.1: Energijski diagram polprevodnika [2].	3
Slika 2.2: Kristalna struktura čistega (intrinzičnega) polprevodnika (levo), p-tip dopiranega polprevodnika z eno dodatno vrzeljo (sredina) in n-tip dopiranega polprevodnika z dodatnim elektronom (desno) [3].	4
Slika 2.3: pn-spoj in področje električnega polja na sredini [3].	5
Slika 2.4: Nadomestno električno vezje sončne celice. Vidimo svetlobni tok G , fotogenerirani električni tok I_L , izhodno napetost V , diodo D ter parazitni vzporedno upornost R_{SH} in zaporedno upornost R_S [4].	5
Slika 2.5: Karakteristika sončne celice prikazuje tok odvisen od napetosti. P_{max} označuje točko maksimalne moči pri napetosti V_{max} in toku I_{max} . V_{oc} je napetost odprtih sponk, I_{sc} je tok kratkega stika [5].	6
Slika 2.6: Prikaz zaporedne vezave sončnih celic (levo), ki poveča izhodno napetost, in vzporedne vezave sončnih celic (desno), ki poveča izhodni tok [11].	8
Slika 2.7: Prikaz posamezne sončne celice (levo), sestavljenega modula (sredina) in polja več sončnih modulov (desno) [12].	9
Slika 2.8: Sončno polje, ki generira energijo (levo), razsmernik pretvarja enosmerno napetost sončnega polja v izmenično napetost omrežja (sredina), omrežje in porabniki električne energije (desno) [12].	10
Slika 2.9: Primer sončne elektrarne, ki ni priključena na omrežje. Sončno polje proizvaja enosmerno napetost, kontroler in polnilec baterije skrbi za pretvarjanje napetosti v ustrezno vrednost ter polnjenje baterije. Tu se lahko napajajo enosmerni porabniki in razsmernik, ki skrbi za dizelski agregat in zagotavljanje primerne izmenične napetosti. Tu se lahko napajajo izmenični porabniki [12].	10
Slika 2.10: Primerjava sončnih celic (levo) in zbiralnikov (desno) [14, 15].	11
Slika 5.1: Naloga o obnovljivih in neobnovljivih virih energije [24].	19
Slika 5.2: Naloga o vplivu virov na povečevanje toplogrednih plinov [24].	20
Slika 5.3: Naloga o energiji sonca [24].	20

1 UVOD

Učenci se v 7. razredu pri predmetu Tehnika in tehnologija spoznajo z elektriko. Seznanijo se z alternativnimi oblikami pridobivanja električne energije, med katere sodi tudi sončna energija. Sončno energijo v električno energijo pretvarjajo sončne celice. Uporaba sončnih celic se širi in postaja bolj učinkovita, kljub temu pa je ta tema v učnih načrtih osnovne šole zgolj omenjena, zato učenci slabo razumejo koncepte pridobivanja energije. Poznavanje delovanja in uporabe sončnih celic je pomembno za mlajše generacije, saj bodo lahko ob aktivnih oblikah pouka razvili aktualna znanja in spretnosti.

1.1 NAMEN, CILJI IN HIPOTEZE NALOGE

Namen naloge je, da se najprej predstavi kaj sončne celice so in kako delujejo ter kako se povežejo z elektroenergetskim omrežjem. Veliko učencev in nepoznavalcev ne loči razlike med sončnimi celicami in sončnimi zbiralniki, ki so si navzven podobni, njihovo delovanje pa je povsem drugačno.

Cilj diplomskega dela je, da se analizirajo učbeniki v katerih je zajeto poglavje o alternativnih virih energije in o sončnih celicah in da se nato ugotovi kakšno je stanje v osnovni šoli, kaj učenci že vedo o alternativnih virih in sončnih celicah. Najboljši indikator, koliko učenci vedo o sončnih celicah, so rezultati nacionalnega preverjanja znanja.

Učenci lahko nadgradijo svoje znanje tudi z medpredmetnim povezovanjem, zato je eden izmed ciljev tudi, da se poišče medpredmetna povezava s fiziko, kemijo in geografijo. Na koncu pa bomo predstavili, kako sončne celice šolarjem predstavijo v tujini, natančneje v Avstriji, Grčiji in Veliki Britaniji.

1.2 PREDVIDENE METODE RAZISKOVANJA

Diplomsko delo vsebuje statistično metodo s katero bomo pregledali in analizirali rezultate nacionalnih preverjanj znanj na katerih se je preverjalo znanje o alternativnih virih in sončni energiji. Analizirali bomo tudi, kako so na ta vprašanja odgovarjali učenci iz dveh slovenskih osnovnih šol.

1.3 PREGLED VSEBINE OSTALIH POGLAVIJ

V drugem poglavju je opisana zgradba sončne celice in njeno delovanje. V nadaljevanju je časovni pregled razvoja sončne celice, ki se je začel v sredini prejšnjega stoletja. Sončna celice so majhne enote, ki jih lahko združujemo v module in polja. Le ta proizvajajo električno energijo, ki se uporablja za različne namene.

V tretjem poglavju so opisane različne vrste sončnih celic. Le te se med seboj razlikujejo po materialu, izkoristku, ceni in namenu uporabe. Vsaka vrsta sončnih celic ima določene prednosti in slabosti.

V četrtem poglavju se osredotočimo na raven osnovne šole, kako so alternativni viri in sončne celice predstavljene in opisane v učbenikih.

V petem poglavju je predstavljeno, kako so sončne celice zajete v nacionalnem preverjanju znanja ter kako uspešni so učenci pri reševanju nalog iz področja sončnih celic.

V šestem poglavju sta opisana dva primera iz tujih držav. V Grčiji so izvedli tehnični dan na temo sončne energije, v ZDA pa imajo projekt, ki učence spodbuja, da sami pridobijo čim več informacij o sončnih celicah.

V zadnjem delu sledi diskusija na temo sončnih celic in sklep celotnega diplomskega dela.

2 SONČNE CELICE

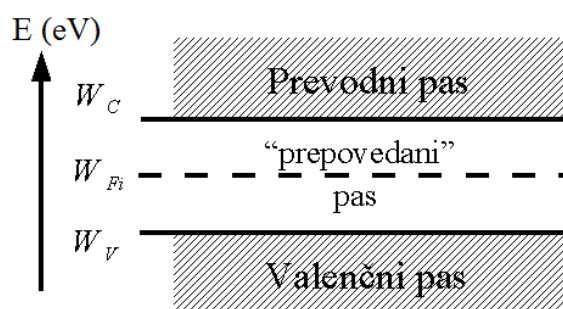
Sončne celice so naprave, ki sončno energijo, fotone, pretvarjajo v električno energijo, elektrone in vrzeli (negativni in pozitivni nosilci električnega naboja). V poglavju je predstavljeno, kako sončne celice delujejo, njihov namen uporabe ter kratka zgodovina razvoja sončnih celic.

2.1 IDELOVANJE SONČNIH CELIC

Sončne celice so naprava, ki pretvarja sončno energijo v električno. Kako to poteka je natančneje opisano v naslednjem poglavju.

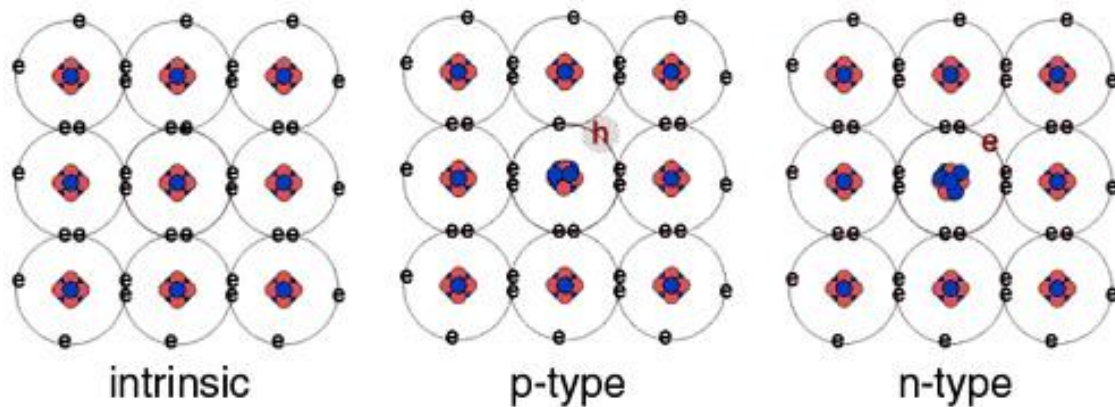
2.1.1 Polprevodnik

Večina sončnih celic je narejena iz polprevodniških snovi, ki imajo izražena prevodni in valenčni energijski pas, ki označujeta kakšno energijo ima lahko nosilec naboja, med njima pa je energijska reža, kjer ne najdemo nosilcev naboja. V čistih ali intrinzičnih polprevodnikih se elektroni nahajajo le v valenčnem pasu, torej polprevodnik ne prevaja električnega toka [1]. Ko se nekje v polprevodniku pojavi zadostna energija, ki je večja od energijske reže, ki je prikazana na sliki 2.1, se ustvari par prostih nosilcev naboja (elektron-vrzel). To stanje lahko razumemo tudi kot elektron v vzbujenem, namesto v mirovnem energijskem stanju. Taki nosilci naboja niso vezani na kristalno strukturo polprevodnika in imajo dovolj energije, da se »prosto« gibljejo po prostoru oziroma polprevodniku in ustvarijo električni tok. Energijo, potrebno za generacijo nosilcev naboja, v sončnih celicah prispeva foton, oziroma svetloba.



Slika 2.1: Energijski diagram polprevodnika [2].

Medtem ko imajo čisti ali intrinzični polprevodniški elementi in spojine v termičnem ravnovesju enako količino negativnih in pozitivnih nosilcev naboja (elektronov in vrzeli), lahko dodaten naboj v snov vnesemo z »dopiranjem«, oziroma s primesmi. Primes elementa z več valenčnimi elektroni kot jih ima polprevodnik, naprimer fosfor v siliciju, ustvari dodatne, šibko vezane elektrone, ki potrebujejo zelo malo energije, da se premaknejo v prevodni pas (zadostuje termična energija). Takemu pravimo *n-tip polprevodnika*. Obratno velja za primesi z manj valenčnimi elektroni, naprimer bor in silicij, kjer se ustvarijo šibko vezane vrzeli, ki zlahka preidejo v valenčni pas in prispevajo k prostim nosilcem naboja. Takemu pravimo *p-tip polprevodnika*.



Slika 2.2: Kristalna struktura čistega (intrinzičnega) polprevodnika (levo), p-tip dopiranega polprevodnika z eno dodatno vrzeljo (sredina) in n-tip dopiranega polprevodnika z dodatnim elektronom (desno) [3].

2.1.2 »pn«-spoj

Če združimo dva različno dopirana polprevodnika, imenujemo nastalo strukturo »pn-spoj«, ki je prikazan na sliki 2.3. Ker ima n-tip proste elektrone, p-tip pa vrzeli, se ti prosti nosilci naboja začnejo združevati oziroma rekombinirati. Okrog pn-spoja nastane področje, kjer ni več prostih nosilcev naboja, so pa ostali naboji v kristalni mreži, ki jih ustvarjajo primesi, na primer v n-tipu fosfor, v p-tipu bor. Električni naboj ustvari električno polje ki pomika naboje, ki se znajdejo v njem, na rob pn-spoja. Če se v takšni strukturi pojavijo nosilci naboja, naprimer zaradi fotogeneracije, se pozitivni pomaknejo v smeri vgrajenega polja, negativni pa v nasprotni smeri.

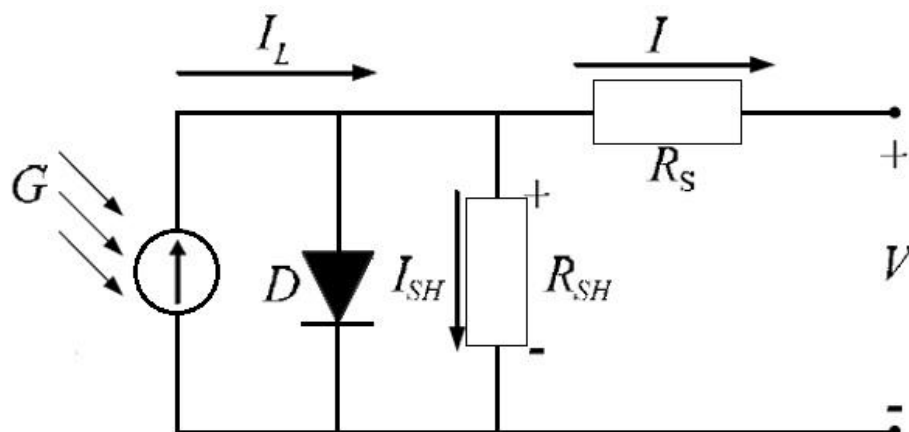


Slika 2.3: pn-spoj in področje električnega polja na sredini [3].

Sončne celice imajo poleg pn-spoja na površini še kovinske elektrode, da zbirajo in odvajajo elektrone in vrzeli iz polprevodnika. Tako dobimo fotogeneriran naboj, ko svetloba posije na celico, naboj se v pn-spoju loči in nabira na obeh elektrodah ter med njima povzroči električno napetost.

2.1.3 Nadomestno električno vezje sončne celice

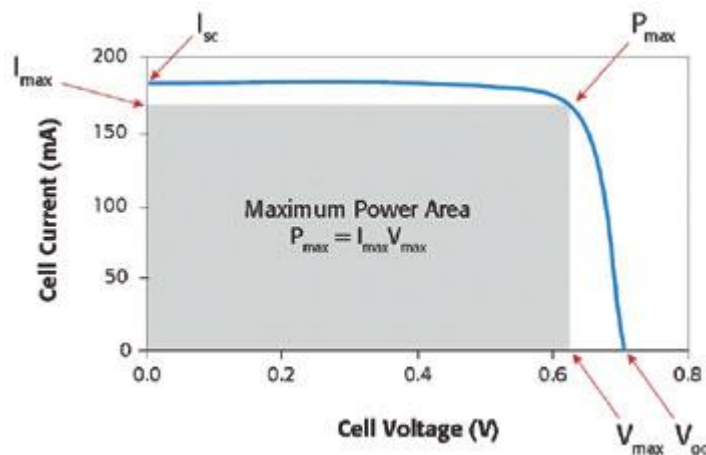
Pri opisovanju električnih lastnosti sončnih celic si običajno pomagamo z nadomestnim električnim vezjem. To vezje je poenostavljen model resnične sončne celice in približno opiše električne lastnosti, vendar je enostavnejši za analizo in simuliranje.



Slika 2.4: Nadomestno električno vezje sončne celice. Vidimo svetlobni tok G , fotogenerirani električni tok I_L , izhodno napetost V , diodo D ter parazitni vzporedno upornost R_{SH} in zaporedno upornost R_S [4].

Na sliki 2.4 vidimo nadomestno električno vezje neidealne sončne celice. Pojasnimo pomen posameznih gradnikov v vezju. Ker je večina sončnih celic sestavljena iz polprevodniškega pn-spoja, torej preproste polprevodniške diode, je naravno sklepati, da bo v nadomestnem vezju nastopila dioda. Dioda »D« regulira napetost sončne celice, skozi njo pa teče tako imenovani »temni tok«, ki je za diodo konstanten. Tokovni vir predstavlja nosilce naboja, ki jih ustvari svetlobni tok G . Ta vir ustvari električni tok I_L . Nezaželena vzporedna upornost R_{SH} (SH pomeni shunt: vzporeden) je poenostavitev defektov v kristalni strukturi, metalizaciji kontaktov in robnih efektov sončne celice. Skoznj odtoka tok I_{SH} , ki ne prispeva k izhodnemu toku celice. Nezaželena zaporedna upornost R_S (S pomeni series: zaporeden) predstavlja padec napetosti zaradi upornosti kontaktov sončne celice in upornosti polprevodniških materialov.

Nadomestno električno vezje se uporabi za simulacije ali za karakterizacijo sončnih celic po opravljenih meritvah karakteristike. Splošna karakteristika sončne celice je vidna na sliki 2.5.



Slika 2.5: Karakteristika sončne celice prikazuje tok odvisen od napetosti. P_{max} označuje točko maksimalne moči pri napetosti V_{max} in toku I_{max} . V_{oc} je napetost odprtih sponk, I_{sc} je tok kratkega stika [5].

Neobremenjena sončna celica proizvede napetost odprtih sponk V_{OC} , to je napetost pri ničelnem toku. Prav tako je del karakteristike tok kratkega stika I_{SC} , ko je napetost med sponkama celice ničelna. Kot je vidno iz karakteristike, je maksimalna razpoložljiva moč, ki jo sončna celica lahko proizvede, produkt napetosti in toka, ki sta manjša od kratkostičnega toka in napetosti odprtih sponk. To napetost znižuje zaporedna parazitna upornost R_S , tok pa omejuje vzporedna parazitna upornost R_{SH} . Za povečanje izhodne

moči si želimo oba učinka čim bolj zmanjšati, torej želimo čim manjšo zaporedno upornost, ki jo določajo predvsem kovinski kontakti celic, in čim večjo vzporedno upornost, ki jo določajo defekti in nepravilnosti v kristalni strukturi in izdelavi celice.

Poleg neidealnosti k boljšemu izkoristku razpoložljive moči vpliva breme, ki ga priključimo na sončno celico. Če upornost bremena, ki ga napaja sončna celica, ni ravno takšna, da se vzpostavi tok in napetost, ki dasta maksimalno moč, potem iz sončne celice dobimo manjšo moč, kot bi bila lahko razpoložljiva. Toplotni grelec bo v tem primeru hladnejši, baterija pa se bo polnila počasneje. V večini primerov je breme neprilagojeno sončni celici, zato potrebujemo nekakšno krmiljenje.

Krmilnikom sončnih celic se običajno reče »iskalniki točke največje moči« ali »MPP-tracker-ji« po angleško. Na vhodni strani se priključi sončna celica ali modul, na izhodni strani pa breme. Krmilnik poskrbi, da sončna celica občuti nespremenljivo breme in upornost, ki je idealna za maksimalno proizvedeno moč, breme pa dobi pravo napetost za obratovanje.

2.2 ZGODOVINA IN RAZVOJ SONČNIH CELIC

Zgodovina razvoja in raziskovanja materialov in principov delovanja različnih sončnih celic je daljša, kot si marsikdo od nas predstavlja. Sončne celice niso izum modernih znanosti, ampak so jih znanstveniki raziskovali že v petdesetih letih prejšnjega stoletja [6]. Za primer si pogledjmo zgodovino raziskovanja in napredek tehnologije silicijevih sončnih celic. Podjetje Bell Labs v Združenih državah Amerike je že leta 1941 vložilo patent za »napravo, občutljivo na svetlobo«, silicijevo sončno celico, ki je imela izkoristek manjši kot 1% [7]. Vse do leta 1955 je podjetje Bell Labs vodilo v razvoju teh celic in doseglo učinkovitost 11%. V tem času so razvijali tudi sončne celice za uporabo v vesolju. Kmalu so se z razvojem ukvarjala mnoga podjetja in dosegala nove rekorde, kot naprimer Hoffmann Electronics, kjer je raziskovalna ekipa leta 1959 izdelala celico z izkoristkom 14% [8]. Uvedli so tudi mrežaste kontakte, ki jih poznamo na današnjih celicah, in s tem drastično zmanjšali upornost sončnih celic. Razvoj in rekordne izkoristke so kmalu prevzele raziskovalne ustanove in univerze. Martin Green z univerze New South Wales v Avstraliji je s svojo raziskovalno ekipo dosegel rekordne

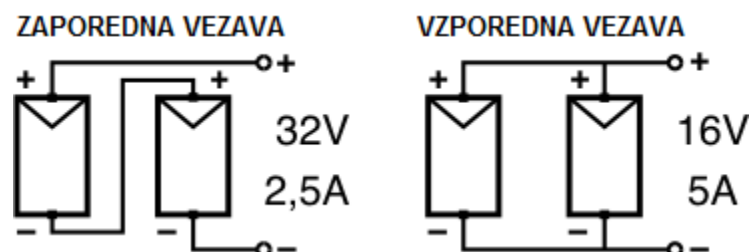
učinkovitosti - od 18% leta 1983 do 24% leta 1994 in naprej [8,9]. Predstavili so nove tehnologije, kot so »vkopani« kontakti, ki zmanjšajo upornost in rekombinacijo nosilcev naboja ter povečajo učinkovitost. Današnje tehnologije dosegajo vedno večje učinkovitosti pretvorbe, vendar se znanstveniki približujejo fizikalni meji izkoristka za posamezni pn-spoj, tako imenovani »Shockley-Queisser-jevi« meji, ki je 33,7% [10]. Nove tehnologije bodo morale uporabiti drugačne metode za povečevanje izkoristka (izboljšave le v materialih in strukturi celic počasi ne bodo več dovolj), kot naprimer večspojne celice (več pn-spojev), koncentriranje svetlobe na majhno površino sončne celice ali teksturiranje za povečevanje površine.

2.3 UPORABA SONČNIH CELIC IN ELEKTRIČNO OMREŽJE

Ogledali smo si, kako sončna celica deluje, v nadaljevanju pa je opisano, kako jo lahko uporabimo kot gradnik v večjih sistemih.

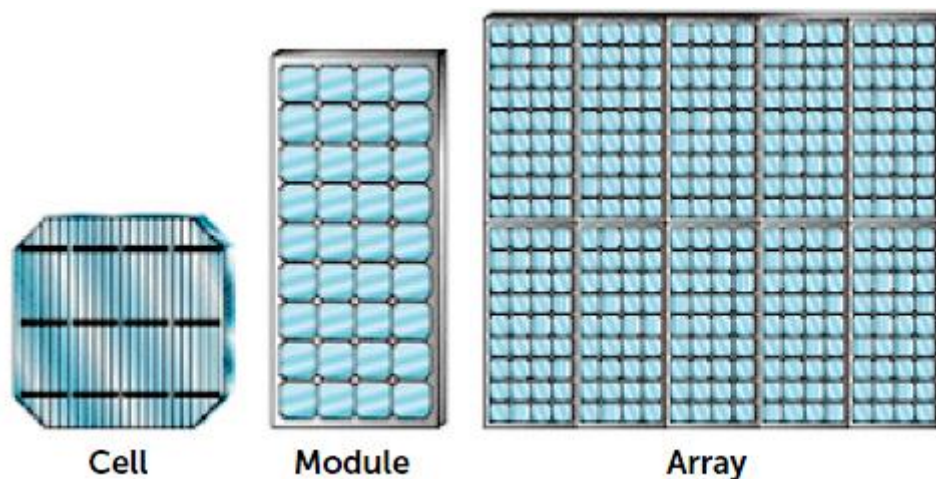
2.3.1 Od celice k modulu

Posamezne sončne celice lahko poganjajo zelo majhna bremena, kot so kalkulatorji, ure in preproste igračke. Same nimajo zadostne moči, da bi napajale večja bremena, njihova moč je namreč vezana na velikost, torej koliko sončne energije sploh vsrkajo. Če o sončnih celicah razmišljamo kot o alternativnih virih energije, ki napajajo naša gospodinjstva, industrijo in javno infrastrukturo, jih moramo povezovati med seboj. Proizvajalci sončnih celic že v tovarnah celice med seboj vežejo v daljše zaporedne verige, kot je prikazano na sliki 2.6 (levo), da zagotovijo višjo napetost, ter naknadno vežejo več verig vzporedno, da povečajo izhodni tok, slika 2.6 (desno).



Slika 2.6: Prikaz zaporedne vezave sončnih celic (levo), ki poveča izhodno napetost, in vzporedne vezave sončnih celic (desno), ki poveča izhodni tok [11].

Kristalne sončne celice so zelo krhke, tankoplastne pa tako tanke, da brez ustreznih podpornih materialov ne bi bile uporabne. Za mehansko podporo in zaščito pred zrakom, vlago ter okoljem, se verige celic običajno vakuumsko pakira v prosojno folijo in obda z zaščitnim steklom ali plastiko spredaj ter plastiko ali kovino zadaj. Celotni sestav se toplotno spoji, laminira, in obda s kovinskim ali trdnim plastičnim okvirom za dodatno podporo ter montažo na primerno ogrodje. Takemu izdelku pravimo sončni modul.



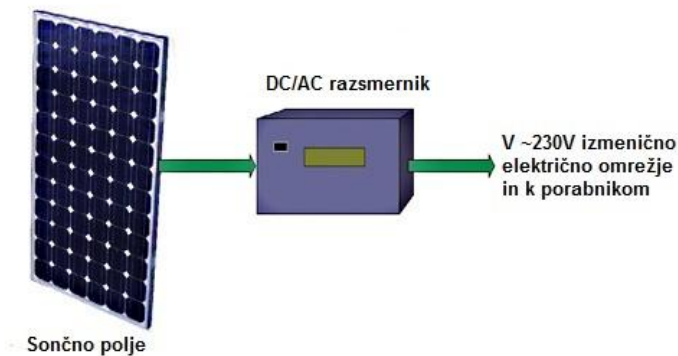
Slika 2.7: Prikaz posamezne sončne celice (levo), sestavljenega modula (sredina) in polja več sončnih modulov (desno) [12].

Posamezen sončni modul lahko zagotovi nekaj sto vatov moči, kar še ne zadostuje za napajanje gospodinjstva ali za elektrarno. Zato se module med seboj pogosto veže v polja, kot prikazuje slika 2.7. Prehod med modulom in poljem je enak kot med celico in modulom: lahko se vežejo zaporedno in vzporedno.

2.3.2 Sončne elektrarne

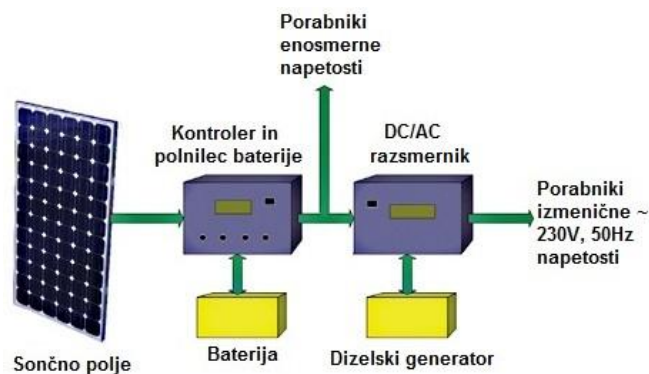
Mnogi se dandanes odločajo za namestitev sončne elektrarne na streho svoje hiše, naddvorišče ali podobno neizkoriščeno površino. Da sončno polje postane elektrarna, je potreben vmesnik. Zamislimo si običajno gospodinjstvo s sončno elektrarno na strehi hiše. Priključeno je na elektrodistribucijsko omrežje z izmenično napetostjo 230V, 50Hz, takšno napetost dobimo v vtičnici. Sončno polje proizvaja enosmerno napetost neznane velikosti, tako da ni združljivo z omrežjem. Naprava, ki enosmerno visoko napetost sončnega polja pretvori v izmenično napetost 230V, 50Hz, se imenuje

razsmernik. Razsmernik običajno vključuje tudi enoto za sledenje točki maksimalne moči. S tako priključitvijo, ki jo ponazarja shema na sliki 2.8, lahko električna energija prehaja iz sončne elektrarne v sistem in do porabnikov v gospodinjstvu.



Slika 2.8: Sončno polje, ki generira energijo (levo), razsmernik pretvarja enosmerno napetost sončnega polja v izmenično napetost omrežja (sredina), omrežje in porabniki električne energije (desno) [12].

Uporaba sončnih modulov za pridobivanje energije je nepogrešljiva na odročnih lokacijah, kjer je napeljava navadnega omrežja predraga ali nemogoča. Sončne elektrarne, ki niso priključene na omrežje, so nameščene na visokogorskih kočah, sredi puščav, odročnih gozdnih kočah, počitniških hišicah, itn. Običajno so v sistem povezane še s pomožnimi sistemi za pridobivanje energije kot so dizelski agregati in s shranjevalnimi elementi, baterijami. Porabniki v takšnem sistemu so lahko običajni omrežni porabniki, ki potrebujejo razsmernik za pretvarjanje napetosti v izmenično, lahko pa so prilagojeni na enosmerno napetost. V tem primeru je potrebno enosmerno napetost le še pretvoriti v ustrezno vrednost, običajno 12V, 24V ali 48V. Shema takšnega sistema je ponazorjena na sliki 2.9.



Slika 2.9: Primer sončne elektrarne, ki ni priključena na omrežje. Sončno polje proizvaja enosmerno napetost, kontroler in polnilec baterije skrbi za pretvarjanje napetosti v ustrezno vrednost ter polnjenje baterije. Tu se lahko napajajo enosmerni porabniki in razsmernik, ki skrbi za dizelski agregat in zagotavljanje primerne izmenične napetosti. Tu se lahko napajajo izmenični porabniki [12].

2.3.3 Sončne celice in sončni zbiralniki

Sončna energija je obnovljiv in alternativen vir. Poleg elektrike se iz sončne energije lahko pridobiva tudi toploto. Sončni zbiralniki prav tako krasijo strehe mnogih domov, vendar jih na prvi pogled težko ločimo od sončnih celic. Sončni zbiralniki se uporabljajo za segrevanje sanitarne vode, ali za poganjanje parnih turbin v industrijskih obratih. Zbiralniki za gospodinjstvo uporabo, nameščeni na strehah hiš, so črne plošče, ki vpijajo sončno svetlobo in jo pretvarjajo v toploto. Te plošče so ponavadi zaprte v vakuumске okvirje za toplotno izolacijo, na zadnji strani pa se nahaja toplotni izmenjevalnik. To je sistem kovinskih (bakrenih, aluminijevih) ali plastičnih cevi, po katerih običajno kroži segrevalna tekočina. Ta tekočina hladi črno ploščo in toploto ponese v drugotni izmenjevalnik toplote, kjer se segreva in shranjuje sanitarna voda (bojler) [13].

Tudi sončne celice se lahko uporabljajo za ogrevanje vode ali bivalnih prostorov, vendar to počnejo električni grelci, ki jih napaja električna energija, pridobljena s sončnimi celicami. Gre za spreminjanje svetlobe v drugačni obliki energije, vendar oboje lahko obravnavamo kot alternativna vira energije.



Slika 2.10: Primerjava sončnih celic (levo) in zbiralnikov (desno) [14, 15].

3 DELITEV SONČNIH CELIC

Poznamo več vrst sončnih celi, ki se med seboj ločijo po zgradbi, materialih, lastnostih in načinu delovanja.

3.1 SILICIJEVE SONČNE CELICE

Silicij je eden izmed najbolj pojavnih elementov v zemljini skorji in je ključnega pomena za izdelavo elektronskih elementov in vezij. Zaradi svojih polprevodniških lastnosti se ga lahko uporablja tudi za izdelavo sončnih celic. Vendar pa kristalna struktura silicija odločilno vpliva na način uporabe, učinkovitost pretvorbe energije in tudi ceno izdelane sončne celice. Poznamo tri kristalne strukture, ki se uporabljajo za izdelavo sončnih celic: monokristalni, polikristalni in amorfni silicij.

3.1.1 Monokristalne silicijeve (c-Si)

Mono- ali enokristalni silicij je velik kristal silicija, ki ima popolno kristalno mrežo, brez nepravilnosti. Je drag zaradi zapletenega postopka izdelave, vendar so sončne celice iz tega materiala zelo učinkovite. Velik valj ali »ingot« se nareže na rezine in iz teh rezin se izdelava posamezne celice. Rekordna učinkovitost takih celic je 25% [16], površina celice pa je na izgled enobarvna in črna ter na sprednji strani preprejena z mrežo kovinskih kontaktov.

3.1.1 Polikristalne silicijeve (poly-Si)

Poli- ali večkristalni silicij ima v svoji kristalni strukturi vidna zrna. Kristalna struktura znotraj zrna je popolna, zrna pa imajo med seboj zamaknjene, »prelomljene« vezi. Postopek izdelave je preprostejši in hitrejši kot izdelava monokristalnega silicija, ter zato tudi cenejši. Sončne celice imajo manjšo učinkovitost pretvorbe 20,4% [16], od monokristalnih silicijevih pa jih ločimo po vidnih svetlo in temno modrih kristalih na površini celice.

3.2 III-V SONČNE CELICE (GaAs)

Gradnik teh sončnih celic so materiali, ki jih sestavljajo kombinacije elementov iz tretje (III) in pete (V) skupine periodnega sistema. Najbolj pogost material je galijev arzenid – GaAs. Te sončne celice se uporabljajo predvsem v posebnih aplikacijah, kot so vesoljske postaje in sateliti, koncentratorske sončne celice, ki z lečami zbirajo svetlobo na majhno celico, in večplastne sončne celice za večji izkoristek. V primerjavi s silicijevimi so bolj odporne na visoko sevanje in temperaturne spremembe, na primer v vesolju, in imajo večji izkoristek: 26,4% enoslojne, 44,4% koncentratorske, večslojne [16]. Materiali in postopki izdelave so zelo dragi.

3.3 TANKOPLASTNE SONČNE CELICE

Kristalne silicijeve in III-V sončne celice so narejene iz relativno debelih rezin materiala, debelin 180 μm do 240 μm . Druga skupina sončnih celic pa je narejena iz tankih plasti materialov, vse do 1 μm ali manj [17]. Taka struktura omogoča vrsto novih prednosti in uporab, naprimer nanos na upogljive podlage, kot so polimerne ali kovinske folije, nove cenovno ugodne izdelovalne postopke, kot je roll-to-roll postopek tiskanja, in zmanjšano porabo materiala ter s tem zmanjšano težo. Prinese pa tudi slabosti, kot sta zmanjšan življenjski čas in manjši izkoristek. Ker se take celice lahko izdelajo na upogljivi podlagi, se jih lahko uporablja za prekrivanje nepravilnih in ukrivljenih površin, z minimalno podporno strukturo in zaradi nizke cene izdelave so potrošniku dostopnejše v velikih količinah.

3.3.1 Amorfnе silicijeve (a-Si)

Namesto rezanja ingotov v relativno debele rezine (200 μm) se silicij za izdelavo teh celic nanese na podlago v zelo tanki plasti (1 μm). Absorpcija tega materiala je večja kot pri c-Si, tako da se svetloba prav tako vpije kljub manjši debelini. Nanos se običajno izvede z visokotemperaturnim plazemskim naparevanjem. Posledično ima plast silicija zelo nepravilno zgradbo brez vidne kristalne ureditve atomov. Učinkovitost takih celic je 13,4% [16].

3.3.2Kadmijev Telurid (CdTe)

Sončne celice iz kadmijevega telurida v zadnjem času pridobivajo priljubljenost zaradi velikega izkoristka izdelanih modulov v primerjavi s ceno. Obstaja veliko cenovno ugodnih izdelovalnih postopkov, ki proizvedejo celice z različnimi učinkovitostmi, naprimer vakuumsko visoko-temperaturno plazemsko napajanje, elektrodepozicija iz raztopine, škropljenje in sitotisk. Nizkotemperaturni postopki, ki ne potrebujejo vakuuma (sitotisk), so najcenejši in najhitrejši, vendar izdelajo celice najslabše kvalitete. Izkoristki celic so: 12,4% na upogljivi podlagi in 16,5% na steklu [16].

3.3.3CIGS tankoplastne celice

Ime CIGS je okrajšava za Copper Indium Gallium Selenide oziroma bakrov indijev galijev selenid. To so elementi, ki v različnih deležih sestavljajo posamezne plasti teh sončnih celic. Indij, galij in selen so redke in drage kovine, postopek izdelave celic z njimi je zapleten in dolgotrajen. Zato so te celice dražje od kadmij teluridnih, vendar imajo tudi veliko boljše izkoristke: 20,3% na steklu in 18,7% na upogljivi podlagi [16]. Zaradi svoje strukture, cene izdelave, visoke učinkovitosti in odpornosti na okoljske vplive so CIGS sončne celice zanimiva tema za raziskovalce ter kandidat za uporabo na vesoljskih plovilih in satelitih.

3.3.4 Organske sončne celice

Do sedaj opisane vrste sončnih celic so vse delovale na podoben način: svetloba se absorbira v pn-spoju in ustvari proste nosilce naboja. Elektroni in vrzeli se pod vplivom vgrajenega električnega polja naberejo na elektrodah in med njima ustvari napetost. Organski materiali pa se ne obnašajo kot običajni polprevodniki in z njimi ne tvorimo običajnih pn-spojev. Ker organske molekule ali polimeri ne tvorijo popolnih kristalnih struktur tako kot anorganski polprevodniki, tudi ne govorimo o energijskih (valenčnem in prevodnem) pasovih, vendar podobno vlogo opravljajo različne faze ali orientacije molekularnih elektronskih orbital. Ko organski polprevodniški material absorbira foton, se ustvari par elektron-verzel, imenovan eksciton, ki pa še ni nujno prost nosilec naboja tako kot v anorganskem sistemu. Tam je energija, ki je potrebna za pretvorbo ekscitonskega para v proste nosilce naboja manjša od termične energije, torej se

elektroni in vrzeli sami osvobodijo. V organskem sistemu pa je ta energija veliko večja. Zato je potrebno previdno sestavljanje različnih materialov, da elektron in vrzel ločimo in ustvarimo proste nosilce naboja. Prednosti organskih celic so zelo močna absorpcija ozkega dela spektra, vendar pa slabše prevajajo električni tok in materiali niso tako stabilni [18].

3.3.5 Grätzel-ove celice

Grätzel-ove celice, oziroma elektrokemijske sončne celice, uporabljajo organska barvila kot material, ki vpija sončno svetlobo (naprimer rutenijev polipiridin) in injicira nastale fotogenerirane nosilce naboja v titanov dioksid TiO_2 , polprevodniški material, ki nosilce naboja loči na pozitivne in negativne s svojo energijsko režo. Elektroni potujejo do katode, kjer vstopijo v električni tokokrog. Anoda je v stiku s tekočim elektrolitom (jodove raztopine) in skrbi za prehajanje naboja nazaj do titanovega dioksida. Prednosti takšnih celic so preprosta izdelava (sitotisk), ohranjanje enake učinkovitosti pri nizki osvetlitvi, možna delna prosojnost (integriranje v stavbe ali infrastrukturo), z različnimi organskimi barvili se vpijajo različne valovne dolžine svetlobe. Slabosti elektrokemičnih sončnih celic so velike notranje izgube fotogeneriranih nosilcev naboja (rekombinacije), občutljivost na okolje in slaba časovna stabilnost. Največji vpliv pri krajšanju življenjske dobe in zmanjšanju učinkovitosti pretvorbe ima sušenje elektrolita. Ko le-ta ni več v raztopini se nosilci naboja ne morejo več prenašati z elektrode na titanov dioksid in celica ne deluje več. Zato je potrebno posebno vakuumsko in protivlažno pakiranje te vrste celic [19].

4PRISOTNOST SONČNIH CELIC PRI POUKU TEHNIKE IN TEHNOLOGIJE

V naslednjem poglavju je predstavljeno, kako so v učbenikih za sedmi razred devetletne osnovne šole predstavljeni alternativni viri in sončna energija, v nadaljevanju pa je pregled nacionalnih preverjanj znanja. Po učnem načrtu se sončne celice obravnavajo v sklopu elektrike in sicer v poglavju dopolnitev znanj o električnem krogu in o virih.

4.1 UČBENIK TEHNIKA IN TEHNOLOGIJA 7

V učbeniku [20] so najprej definirani alternativni viri, nato pa so posamezni viri sistematično opisani v podpoglavjih. O sončnih celicah je navedeno kakšne vrste napetosti proizvedejo sončne celice, delovanje pa je opisano preko energij, kar je učencu že poznano iz fizike. Avtorji učbenika opišejo, da sončne celice ne delujejo vedno z enako močjo in jim zato dodajo akumulatorje. Učencu bi bilo potrebno razložiti na kakšen način vključijo akumulator v omrežje, saj lahko učenec hitro dobi napačno predstavo o pomenu akumulatorja ob sončnih celicah. V učbeniku tudi ni omenjeno, da lahko celice povežemo v module, ob opisu je le slika na kateri so od daleč slikani moduli in kot opis slike avtorji navajajo elektrarno na sončne celice. Sicer pa opis sončnih celic in alternativnih virov zajame operativne cilje iz učnega načrta [21].

4.2 UČBENIK TEHNIKA 7

Učbenik [22] opozarja, da klasični viri, ki niso navedeni, obremenjuje okolje, in izpostavi škodljive pline. Kot rešitev predlaga alternativne vire in našteje nekaj primerov in med njimi ni sončne ter vetrne energije. Temu podpoglavju sledi samostojno podpoglavje z naslovom Sončne celice, ki jih avtorji korektno predstavijo. Drži, da imajo celice majhno moč in nizko napetost in se zaradi tega uporabljajo za majhne porabnike, ni pa omenjeno, da se lahko celice združijo v modul in se njihova napetost poveča. Učbenik tudi ne navaja težav nekonstantne sončne energije ter kakšne so rešitve za to. Na koncu podpoglavja avtorji napišejo, da sončne celice sodijo med alternativne vire. Lahko ugotovimo, da v učbeniku snov ni sistematično podana, zajame pa vse učne cilje, ki jih predvideva nov učni načrt [21].

4.3 UČBENIK TEHNIKA IN TEHNOLOGIJA 7

Naslednji učbenik [23] nestrokovno opiše alternativne načine pridobivanja električne energije, pravi da so to tisti načini pridobivanja električne energije, ki v preteklosti niso imeli pomembnejše vloge. Nato pa le še zapiše, da manj obremenjujejo okolje kot klasični viri. Potem so v podpoglavjih opisani štiri alternativni viri in med njimi tudi sončne celice. Avtorji niso opisali delovanja sončnih celic, ampak so napisali le vprašanja, ki se nanašajo na delovanje. Na tak način so aktivirali učence, da se sami pozanimajo o dodatni učni snovi. V nadaljevanju je opisano, zakaj so sončne celice pomembne in kje se uporabljajo. S tem je opisan eden izmed operativnih ciljev v učnem načrtu. V učbeniku je fotografija majhnega modula sončnih celic na svetilniku in pod njo opis, ki učencu pojasni namen sončnih celic. Na koncu je napisana še zanimivost o sončnih celicah in kje se le te uporabljajo v Sloveniji.

5 NACIONALNO PREVERJANJE ZNANJA

Nacionalno preverjanje znanja (NPZ) preverja v kakšni meri so slovenski učenci osvojili učne cilje iz učnega načrta. Izvaja se v šestem in devetem razredu. Znanje iz predmeta Tehnika in tehnologija se ne preverja vsako leto, ampak le takrat, ko to določi Ministrstvo za šolstvo in šport. Do sedaj se je znanje iz tehnike preverjalo trikrat- leta 2008, 2010 in 2013. Vsako leto se izvedeta redni in naknadni rok.

5.1 PREGLED NALOG

V nadaljevanju bodo povzete in analizirane naloge, ki so se navezovale na sončno energijo in sončne celice, na koncu pa bodo predstavljeni rezultati, kako so te naloge reševali učenci.

5.1.1 Redni rok leta 2010

Leta 2010 se je v nacionalnih preverjanjih znanj prvič pojavila naloga na temo sončne energije. Naloga je sestavljena iz dveh podvprašanj. Prvo vprašanje, ki je na sliki 5.1, preverja znanje o obnovljivih in neobnovljivih virih energije. Po Bloomovi taksonomiji preverja prvo stopnjo, saj mora učenec le prepoznati vire, ki sodijo med obnovljive. Naloga je izbirnega tipa, to pomeni, da učenec le obkroži pravilne odgovore, ki so v tem primeru B, C, D in F. Učenec lahko dobi pri tem vprašanju eno točko in sicer jo dobi, če obkroži vsaj tri pravilne odgovore. Če poleg pravilnih obkroži tudi kakšnega napačnega, učenec ne dobi točk [24].

19. naloga

Vire energije lahko delimo na obnovljive in neobnovljive.

a) Kateri od naštetih virov energije sodijo med obnovljive?

Obkroži črke pred pravilnimi odgovori.

- A Bencin.
- B Les, drva.
- C Energija vetra.
- D Sončna energija.
- E Premog.
- F Energija rek.
- G Zemeljski plin.

Slika 11: Naloga o obnovljivih in neobnovljivih virih energije [24].

Drugi del naloge, ki ga prikazuje slika 5.2, se nanaša na ozaveščanje o podnebnih spremembah, natančneje, da učenci prepoznajo, kateri viri, ki poganjajo različne elektrarne, neposredno povzročajo povečevanje toplogrednih plinov v ozračju. Tudi ta naloga preverja znanje, torej prvo stopnjo po Bloomovi taksonomski lestvici. Naloga je izbirnega tipa. Učenec dobi eno točko, če nalogo pravilno reši. Pravilni odgovori so B, C in E, učenec pa dobi eno točko le, če obkroži vse tri pravilne odgovore.

b) Katere od naštetih elektrarn neposredno ne povzročajo povečevanja deleža toplogrednih plinov v ozračju?

Obkroži črke pred pravilnimi odgovori.

- A Termoelektrarne na mazut.
- B Vetne elektrarne.
- C Sončne celice.
- D Termoelektrarne na premog.
- E Hidroelektrarne.

Slika 12: Naloga o vplivu virov na povečevanje toplogrednih plinov [24].

5.1.2 Naknadni rok leta 2013

Naloga, ki je na sliki 5.3, od učenca zahteva, da pozna kaj velja in kaj ne velja za sončevo energijo. Pri tej nalogi mora učenec razumeti, kako se uporablja sončna energija, zato gre za nalogo druge stopnje po Bloomovi taksonomski stopnji. Naloga je izbirnega tipa in pravičen odgovor je en sam- odgovor B. Če učenec odgovori pravilno, dobi eno točko [24].

9. Energija sonca je eden od energetske virov.
Katera od trditev **ne** velja za izkoriščanje sončeve energije?
Obkroži črko pred pravilnim odgovorom.
- A Neposredno ne povečuje emisije toplogrednih plinov.
 - B Prek sončnih zbiralnikov neposredno poganjamo električne generatorje.
 - C Uporablja se lahko za neposredno segrevanje vode, namenjeno ogrevanju stanovanj.
 - D Prek sončnih celic neposredno pridobivamo električno energijo.

Slika 13: Naloga o energiji sonca [24].

5.2 REZULTATI NALOG

Na spletu še ni uradnih rezultatov NPZjev izrednega roka za leto 2013, zato lahko analiziramo le rezultate cele populacije za leto 2010. Zanima nas koliko učencev je pisalo NPZje, kolikšno število točk so dosegli v povprečju, za 19. nalogo, ki se navezuje na sončno energijo, pa bomo pogledali kakšen je bil indeks težavnosti in indeks diskriminativnosti.

Indeks težavnosti pove, ali je bila naloga za učence zahtevna ali ne. Če je indeks težavnosti $> 0,80$, pomeni, da so učenci nalogo dobro reševali, torej naloga ni bila zahtevna. Če je indeks $< 0,33$, pomeni, da so učenci nalogo slabo reševali, torej je bila naloga zahtevna.

Indeks diskriminativnosti pove, ali je bila naloga dovolj dobro zasnovana, da pokaže razliko v znanju med zgornjo tretjino učencev in spodnjo tretjino učencev. Če je indeks $< 0,2$ pomeni, da so nalogo vsi zelo dobro rešili ali pa vsi zelo slabo. Če je indeks diskriminativnosti $> 0,4$ potem je naloga dobro zasnovana in pokaže razliko v znanju med učenci.

V preglednici 1 so prikazani rezultati 19. naloge. Nacionalni preizkus znanja je 5.5.2010 pisalo 4762 učencev.

Preglednica 5.1: Rezultati nacionalnega preverjanja znanja leta 2010 [24].

Naloga	Št. učencev	Možne točke	Povprečno št. Točk	Indeks težavnosti	Indeks diskriminativnosti
19.a	4762	1,00	0,70	0,70	0,36
19.b	4762	1,00	0,57	0,57	0,40

Naloga je bila sestavljena iz dveh vprašanj. Prvo vprašanje je bilo za učence kar zahtevno, saj je indeks težavnosti 0,70. Indeks diskriminativnosti znaša 0,36. Zahtevnost in diskriminativnost se ujemata- naloga je bila kar težka, posledično so jo nekateri učenci rešili dobro, nekateri pa ne, zato je indeks diskriminativnosti relativno dober.

Drugo vprašanje je bilo za učence srednje zahtevno (indeks težavnosti 0,57), indeks diskriminatvnosti pa je malo višji, 0,40, kar pomeni, da je razmerje med učenci, ki so znali rešiti nalogo in tistimi, ki niso, večje.

5.3 VZROKI ZA USPEŠNOST IN NEUSPEŠNOST

Pri prvi nalogi visok indeks težavnosti povežemo z ocenjevanjem, saj učenec ni dobil točke, če je obkrožil kakšen neobnovljiv vir. Vprašanja, ki so bila na NPZju, sem zastavila učencem dveh osnovnih šol in ugotovila, da veliko učenec med obnovljive vire uvršča tudi zemeljski plin.

Drugi del naloge je zahteval, da učenci obkrožijo vse tri pravilne odgovore. Po tem, ko sem vprašanja zastavila učencem 8. razreda osnovne šole Jurija Vege, , sem ugotovila, da so učenci obkrožili samo hidroelektrarne kot elektrarne, ki ne povzročajo povečanja deleža toplogrednih plinov v ozračju, pozabili pa so na vetrne elektrarne in sončne celice. Nekaj učencev je tudi zavedel prvi odgovor- termoelektrarna na mazut, saj nekateri učenci niso vedeli kaj je mazut in so odgovor vseeno obkrožili.

Vzroke za ne tako uspešno reševanje nalog lahko iščemo tudi v učbenikih, saj so teme le predstavljene. In učenci imajo velikokrat težave z memoriranjem, lažje si zapomnijo snov, ki si jo predstavljajo, ali pa celo vidijo model v praksi, kot pa da se morajo snov le naučiti na pamet.

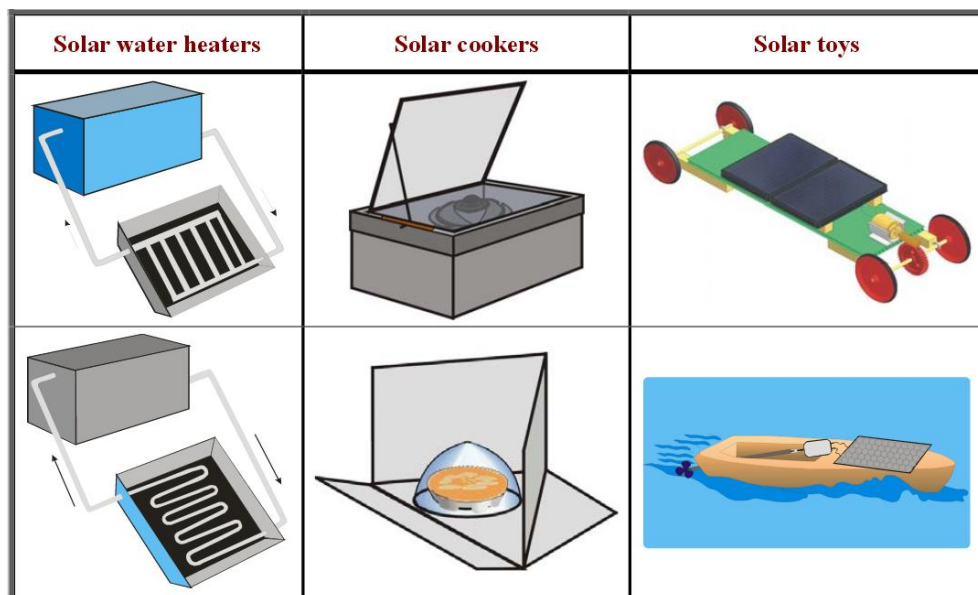
6OBRAVNAVA SONČNIH CELIC PRI POUKU

TEHNIKE V DRUGIH DRŽAVAH

Sončne celice lahko pri pouku obravnavamo na različne načine. Lahko jih le omenimo in povemo kaj je njihov namen, lahko pa načrtujemo uro ali celo tehnični dan, kjer učenci izvejo veliko več o sončnih celicah. Nekaj predlogov, ki so jih izvedli v tujini, je predstavljenih v nadaljevanju.

6.1 ZNANSTVENI SEJEM NA KRETI (GRČIJA)

Na osnovni šoli Rethymo na Kreti so v šestem razredu organizirali projekt, ki so ga izvajali med poukom in tudi v popoldanskem času, ko so učenci prostovoljno prišli dokončati izdelke. Pri projektu je sodelovala 35 učencev, ki so bili razdeljeni na tri velike skupine, znotraj skupin pa so učenci delali v paru. Tema projekta je bila sončna energija. Prva skupina je raziskala in izdelala grelnik, ki je model delovanje sončnih zbiralnikov, druga skupina je izdelal kuhalnik, ki je model, ki prikazuje učinek tople grede, tretja skupina pa je izdelala igrače, ki jih je poganjala sončna celica [25].



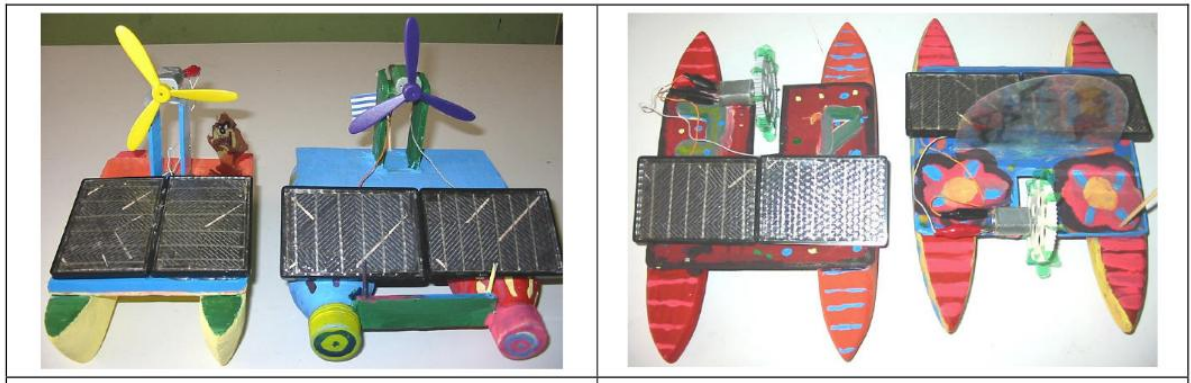
Slika 6.1: Projekti na temo sončne energije, ki so jih učenci izvedli [25].

Prva skupina je naredila eksperiment. Učenci so na bel in črn pisarniški papir, format A4, položili dve enako veliki kocki ledu in opazovali katera se hitreje stali in zakaj.

Nato so preizkušali še druge barve papirja. Namen je bil, da ugotovijo, katera barva absorbira največ sončnih žarkov.

Druga skupina je izdelala škatlo s pokrovom iz pleksi stekla. Nato so škatlo izpostavili sončnim žarkom in merili temperaturo v njej po različno dolgih intervalih izpostavljenosti škatle soncu. Ob tem so izpostavili globalno segrevanje in klimatske spremembe. Opazovali pa so tudi, kako učinek tople grede vpliva na njihov izdelek ter kako na globalni ravni, na planet.

Tretja skupina je najprej opazovala, kakšna je vloga sončne celice. Imeli so motor, ki ga je poganjala sončna celica, na motor pa je bil pritrjen karton, na katerem je bila narisana črna pika. Učenci so nato šteli, kolikokrat se motor zavrti v eni minuti, Naslednji korak je bil, da so učenci poiskali rešitev, da bi se motor zavrtel večkrat na minuto in ugotovili so, da je pomembno kako je sončna celica obrnjena, oziroma pod kakšnim kotom padajo sončni žarki na celico. Veliko otrok v skupini je mislilo, da sončne celice delujejo tako kot sončni zbiralniki. Njihov notranji konflikt so rešili z eksperimentom. V pokrit lonec so dali sončno celico in po nekaj časa ugotovili, da sončna celica ne odda nič energije. Iz tega poskusa so tudi sklepali, da lahko igračo, ki jo bodo izdelali, ustavijo le tako, da zasenčijo sončno celico. Končni izdelek projekta na temo sončnih celic sta bila ladjica in avtomobil. Učenci so ugotovili, da je pri avtomobilu več trenja, zato so uporabili lažjo in močnejšo sončno celico, uporabili so polikristalno celico iz silicija. Za ladjico pa ni potrebna tako močna celica, zato so uporabili amorfno silicijevo celico. Za oba izdelka so učenci uporabili 0,45 do 4 V motor z 2000 do 6000 obratov na minuto in sončno celico z izhodno napetostjo 2 V. Ohišje avtomobila so izdelali iz balse in borovega lesa, kolesa so bila iz umetnih snovi, osi pa iz kovine. Ladjico so nekateri učenci izdelali iz balse, drugi pa so uporabili odpadne plastenke. Nekateri ladjice so imele propeler, druge pa vodno kolo.



Slika 6.2: Končane ladjice, ki jih poganja sončna celica [25].

Učenci so preko projektnega učenja prišli do novih spoznanj o sončni energiji in o sredstvih za katere je sončna energija nujna, da delujejo [25].

6.2 PROJEKT NEED V ZDA

Projekt NEED je zasnovan za različne stopnje izobraževanja. Ime NEED je okrajšava za National Energy Education Development. Za elementarno stopnjo avtorji projekta predlagajo različne aktivnosti s katerimi bi učenec raziskoval področje sončnih celic. Ob tem pa lahko povezuje znanje z drugimi področji [26]. V preglednici 2 so zbrane aktivnosti in s katerim predmetom se povezuje.

Preglednica 6.1: Aktivnosti učenec na temo sončnih celic in medpredmetna povezava [26].

Aktivnost	Medpredmetno povezovanje z
Obisk sistema sončnih celic na šoli	znanost
Raziskati spletne strani na to temo	računalništvo
Predstavitve sončnih celic celi šoli	likovna umetnost, sociologija
Narisati graf iz zbranih podatkov	matematika
Izvedba energetskega pregleda šole	znanost, matematika
Izdelava brošure o sončnih celicah	materni jezik
Izračun koliko učenčeva poraba energije vpliva na okolje	znanost, matematika, geografija
Primerjanje podatkov z drugimi šolami	matematika, računalništvo, geografija,

7DISKUSIJA

Na koncu se vprašamo, kakšna je prihodnost razvoja sončnih celic. Kakšne rešitve bodo znanstveniki našli, da bodo še izboljšali izkoristek sončnih celic?

Vprašamo se lahko tudi, ali so sončne celice res tako neškodljive za naš planet. Kaj pa dragi in dolgotrajni postopki izdelave, ali ti ne onesnažujejo okolja?

Z vidika učitelja pa je bolj zanimivo vprašanje: v katerih državah dajo večji pomen sončnim celicam? V diplomskem delu je predstavljen model, ki se uporablja v Grčiji in v Združenih državah Amerike. Verjetno ti dve državi nista naključni, saj je v prvi veliko sonca in lahko izkoristijo sončno energijo, druga pa je gospodarsko močna in želi učence usmeriti v razmišljanje o razvoju tudi na področju sončnih celic.

Vprašati se moramo tudi o tem, kako bi učencem v slovenskih šolah na bolj zanimiv način in obširneje predstavili sončno energijo in sončne celice.

8 ZAKLJUČEK

Sončne celice se razvijajo in so kot alternativni vir pomembne v energetiki.

Strokovnjaki raziskujejo različne elemente, da bi dobili kar se da dober izkoristek, zato smo v poglavju delitev sončnih celic predstavili različne vrste le teh. V nadaljevanju smo ugotovili, da učenci poznajo le silicijeve, saj druge vrste sončnih celic v učbenikih niso omenjene. Večji poudarek v učnem načrtu je na tem, da bi učenci razumeli, zakaj so alternativni viri energije pomembni, rezultati nacionalnih preverjanj znanj in rezultati vprašalnika, pa so pokazali, da tudi tega učenci ne vedo. Zato bi bilo v prihodnje smiselno izvesti učno uro na temo alternativni viri in sončne celice in se po uri z učenci pogovoriti o razumevanju snovi ter o pomembnosti te snovi za učence.

9 LITERATURA IN VIRI

- [1] Smole, F. (2011). *Polprevodniška elektronika*. Ljubljana: Založba Fe in FRI.
- [2] *Wikipedija*. (2013). Pridobljeno iz Polprevodnik:
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/sl/3/3f/Polprevodnik_fermi.png
- [3] Wittke, J. H. (2008). *Wavelength Dispersive Spectrometry (WDS)*. Pridobljeno iz Northern Arizona University: http://www4.nau.edu/microanalysis/Microprobe-SEM/Signal_Detection.html
- [4] *Sargosis solar & electric*. (2013). Pridobljeno iz The Electrical Model of a PV Cell: <http://sargosis.com/articles/science/how-pv-modules-work/the-electrical-model-of-a-pv-cell/>
- [5] *Keithley, a Tektronix company*. (2013). Pridobljeno iz Key Solar Cell Parameters and Measurement Techniques: http://www.keithley.nl/solar_cell/max_power.jpg
- [6] Bruton, T. M. (2002). General trends about photovoltaics based on crystalline silicon. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 72(1), 3-10.
- [7] Ohl, R. (25. Jun 1946). *Št. patenta 2,402,662*. USA.
- [8] Green, M. A., Emery, K., Hishikawa, Y., Warta, W., & Dunlop, E. D. (29. December 2011). Solar cell efficiency tables (version 39). *Progress in photovoltaics*, 20(1), 12-20. doi:10.1002/pip.2163
- [9] Wang, A., Zhao, J., & Green, M. A. (1990). 24% efficient silicon solar cells. *Applied physics letters*, 6(57), 602-604.
- [10] Shockley, W., & Hans, Q. J. (March 1961). Detailed Balance Limit of Efficiency of p-n Junction Solar Cells. *Journal of applied physics*, 32, 510-519. doi:10.1063/1.1736034
- [11] *Photovoltaic solar systems*. (2013). Pridobljeno iz For Installers | Installing photovoltaic and thermal solar systems: <http://pvshop.eu/installer>
- [12] Gyorki, J. R. (5. May 2009). *Solar power world*. Pridobljeno iz Solar Alternatives for Energy Generation: <http://www.solarpowerworldonline.com/2010/05/solar-alternatives-for-energy-generation-2/>
- [13] Krnel, M. (2009). Sončni zbiralniki. Ljubljana. Pridobljeno iz http://www.fmf.uni-lj.si/~stepisnik/sola/energvir/Seminarji08_09/soncni%20zbiralniki.pdf

- [14] Acrux. (2013). Pridobljeno iz Solar Collector Heating Systems:
<http://www.acrux.hu/en/sun/solarcollector.html>
- [15] Green Solutions Express. (2013). Pridobljeno iz How to Build Solar Power – Make Your Own Solar Powered Toy Car: <http://greensolutionsexpress.com/how-to-build-solar-power>
- [16] Mooney, D., & Wilson, G. (11. September 2013). *National center for photovoltaics*. Pridobljeno iz National Research Laboratory:
http://www.nrel.gov/ncpv/images/efficiency_chart.jpg
- [17] Goetzberger, A., & Hebling, C. (15. April 2000). Photovoltaic materials, past, present, future. *Solar energy materials and solar cells*(62), 1-19. Pridobljeno iz <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927024899001312>
- [18] Günes, S., Neugebauer, H., & Sariciftci, N. S. (2007). Conjugated Polymer-Based Organic Solar Cells. *Chemical reviews*, 107(4), 1324-1338. doi:10.1021/cr050149z
- [19] Liu, J., Yang, Q., Li, M., Zhu, W., Tian, H., & Song, Y. (2013). Organic dye-sensitized spongle-like TiO₂ photoanode for dye-sensitized solar cells. *Philosophical transactions of the royal society*, 371.
- [20] S. Fošnarič in ostali, *Tehnika in tehnologija 8: Učbenik za 8. Razred devetletne osnovne šole* (Limbuš, IZOTECH, 2004).
- [21] A. Papotnik in ostali, *Učni načrt – Tehnika in tehnologija* (Ljubljana, Ministrstvo za šolstvo znanost in šport, Zavod RS za šolstvo, 2011).
- [22] B. Aberšek in ostali, *Tehnika 8: Učbenik za pouk tehnike in tehnologije v 8. razredu devetletne osnovne šole* (Ljubljana, DZS, 2000).
- [23] B. Sušnik in ostali, *Tehnika in tehnologija 8: Učbenik za 8. razred devetletne osnovne šole* (Ljubljana, Tehniška založba Slovenije, 2001).
- [24] Nacionalno preverjanje znanja tehnike in tehnologije
[\[http://www.ric.si/preverjanje_znanja/predmeti/ostali_predmeti/2011120911050119/\]](http://www.ric.si/preverjanje_znanja/predmeti/ostali_predmeti/2011120911050119/).
- [25] N. Tsagliotis, *A science fair on solar energy with 6th grade primary school children in Greece*, University of Crete, članek
[\[http://www.hsci.info/hsci2004/PROCEEDINGS/FinalPapers/Paper_Tsagliotis_Ljubljana_2004.pdf\]](http://www.hsci.info/hsci2004/PROCEEDINGS/FinalPapers/Paper_Tsagliotis_Ljubljana_2004.pdf).
- [26] S. Baumann in ostali, *Schools going solar*, NEED project, članek
[\[http://www.need.org/needpdf/schoolsgoingsolar.pdf\]](http://www.need.org/needpdf/schoolsgoingsolar.pdf).